

# HEAT

W. LARDEN

FOURTH EDITION.

BY

PROFESSOR OF PHYSICAL SCIENCES, RAJARAM COLLEGE, KOLHATUR.

Registered under Act XXV. of 1867.

*All Rights Reserved.*

**Price Rupees Three.**

# B4

उष्णताशास्त्राचीं मूलतत्त्वे.

प्रोफेसर लार्डन एम्. ए.,

यांनीं केलेल्या

इंग्रजी ग्रंथाचें हें मराठी भाषांतर

ग्रंथकर्त्याच्या परवानगीनें

वाळाजी प्रभाकर मोडक,



कोल्हापूर येथील राजारामकालेजांतील पदार्थविज्ञान-  
शास्त्राचे गुरू यांनीं केलें.

हिंदुस्थान सरकारच्या सन १८६७ च्या २५ व्या आकटाप्रमाणें नोंदलें आहे.

जून १८९१.

सर्व हक्क ठेविले आहेत.

किंमत तीन रुपये.



16 JAN 1950

8712

C4

155 C1

8712°

मुंबई:

एज्युकेशन सोसैटीच्या छापखान्यांत छापिले.

TO  
Prof. W. LARDEN, M. A.,  
OF CHELTENHAM COLLEGE,  
THIS TRANSLATION OF HIS WORK IS,  
WITH PERMISSION,  
**D**edicated,  
AS A TOKEN OF ESTEEM AND REGARD  
BY  
*The Translator.*

मेहेरवान प्रोफेसर लार्डनसाहेब

चेल्टनहाम कालेजांतील

पदार्थविज्ञानशास्त्राचे गुरू यांस,

हे

त्यांच्या ग्रंथाचें मराठी भाषांतर

त्यांच्या परवानगीनें

प्रेम व आदरपूर्वक

भाषांतरकर्त्यानें

नजर केलें आहे.

## मूळ ग्रंथकर्त्याची प्रस्तावना.

आमच्या शाळांत ( इंग्लंडातील ) पदार्थविज्ञान किंवा सुष्टिशास्त्र शिकविण्याचे जे वर्ग आहेत, त्या वर्गास उष्णता हा विषय जे शिकवितात, त्यास हा विषय शिकविण्या-जोग्या योग्य पुस्तकाची जी उणीव वाटत होती, ती नाहीशी करावी, याच हेतूने हें पुस्तक लिहिलें आहे.

हा हेतु कोणत्या रीतीनें तडीस नेला आहे, हें समजण्यासाठीं प्रस्तुत पुस्तक लिहि-तांना ज्या विशेष गोष्टींकडे मुख्यत्वे लक्ष दिलें आहे, तें खालीं सांगितलें आहे.

(१) वाचकास पदार्थविज्ञान शास्त्राचें पूर्वीं मुळींच ज्ञान नसून प्रथमतःच तो या पुस्तकाचें अध्ययन करीत आहे, असें समजून विवेचन केलें आहे. या करितां विषयाचें विवेचन व स्पष्टीकरण प्रथमतः फार लांबलचक व अगदीं नव्या विद्या-भ्यास समजण्या जोगें असें बालबोध आलेलें आहे. मात्र हळू हळू पुढें विवेचन थोड-क्यांत देण्याचा क्रम धरिला आहे.

(२) याच कारणास्तव ज्या विषयांचा उष्णताशास्त्रांत वास्तविक समावेश होत नाही, परंतु या शास्त्राच्या अध्ययनास त्या विषयांचें स्पष्टीकरण होणें जरूर आहे असें दिसलें, त्या विषयांचें या पुस्तकांत विवेचन केलें आहे. याची उदाहरणें कलम ५० ते ५२; ६०; ६८ ते ८३; २७५ ते २७९ यांत आढळतील.

(३) घन, द्रव आणि वायु यांच्या प्रसरणावरील, विशिष्टउष्णतेवरील आणि उष्णतेच्या यांत्रिक कल्पनेवरील प्रकरणांत जो गणिताचा भाग आलेला आहे, त्याचें विवेचन फार सुलभ रीतीनें केलें आहे. प्रत्येक ठिकाणीं पूर्णपणें स्पष्टीकरण केलेलें असून उदाहरणें ही सोडवून दाखविली आहेत.

(४) प्रत्येक प्रकरणाच्या शेवटीं प्रकरणांतील विषयावर प्रश्न दिले आहेत, आणि जेथें जरूर दिसलें तेथें उदाहरणें ही दिली आहेत.

(५) बुकाची रचना अशी केली आहे कीं, खालीं नमूद केलेलीं कलमें गाळून अगदीं खालच्या वर्गातील मुलांस हा विषय शिकवितां यावा आणि हीं कलमें सुद्धां सर्व पुस्तक वरील वर्गास शिकवितां यावें. हीं कलमें गाळल्यानें काहीं तुटकपणा दिसूं नये असें धोरण धरलें आहे. क. ३२ ते ४३; ४७ ते ४९; ५५ ते ५८; ६५; ६७; ८२; ८३; १०२ ते १०५; १४५ ते १५३; १७३; १८५; १९८; २०३ ते २१९; २२८; २२९; २३१; २३२; २३४; २३५; २३६; २५३ ते २५५; २७२; २७४ ते २९३.

या रीतीने या विषयावरील यादून जास्त विकट पुस्तकांचे अध्ययन करण्यास भकम पाया होईल असे वाटते. शिवाय या पुस्तकांत विषयाचे ज्ञान इतके आलेले आहे, की ते पुष्कळ कामास बस होईल.

रक्की येथील मिस्टर हचिसन यांनी ज्या मला काही सूचना केल्या, त्याबद्दल मी त्यांचा कृणी आहे; आणि किंग्स कॉलेज यांतील मिस्टर डे यांनी आपल्या उष्णतेवरील उदाहरणसंग्रहापैकी काही उदाहरणे या पुस्तकांत घेण्यास मेहेरबानीने परवानगी दिल्या बद्दलही मी त्यांचा आभारी आहे. आणि विशेषकरून मिस्टर एफ. जे. क्रेड यांनी फार काळजीपूर्वक मुझे तपासली आणि पुष्कळ अशुद्धे वगैरे शुद्ध केली या बद्दलही त्यांचा मी फार आभारी आहे.

## भाषांतरकर्त्याची प्रस्तावना.

राजारामकालेजांतील युनिव्हर्सिटीच्या पी. ई. परीक्षेस जाणाऱ्या विद्यार्थ्यांस हा विषय शिकवीत असतां सहजीं असें मनांत आलें कीं, या पुस्तकाची रचना व स्वरूप असें आहे कीं, याचें मराठींत भाषांतर करून छापलें असतां मराठी वाचकांस या विषयाचें अध्ययन करण्यास मोठा उपयोग होईल, आणि विशेषें करून ट्रेनिंग काले-जांतील अगदीं उच्च परीक्षेकरितां अभ्यास करणारांस ही उपयोग होईल, या हेतूनें हें पुस्तक दोनचार वर्षे पी. ई. वर्गांतील मुलांस शिकवीत असतां थोंड थोंडें भाषांतर करीत जाऊन पूर्ण केलें. पी. ई. वर्गांतील मुलांस जीं काहीं कलमें व प्रकरणें शिकवावयाचीं नव्हतीं, त्यांचें ही भाषांतर करून सर्व पुस्तकाचें साग्रभाषांतर तयार केलें. मूळ पुस्तकाच्या शेवटीं पुरवणी दाखल ज्या टिपा दिलेल्या आहेत, त्यांचेंही भाषांतर करण्याचा आरंभ विचार होता. परंतु त्यांतील बराच भाग मराठी वाचकांस चांगला समजण्या जोगा नसल्यानें तो बेत राहिल केला.

हें प्रसिद्ध करण्यास ग्रंथकाराची परवानगी घेतली पाहिजे, म्हणून प्रोफेसर लाडेन साहेबांस लिहून त्यांची व पुस्तक प्रसिद्धकर्ते सामसन लो वगैरे मंडळी यांची परवानगी घेतली. आणि तसेंच प्रोफेसर लाडेन साहेब यांच्या विद्यमानें सामसन लो यांजकडून या पुस्तकांत ज्या आकृति आहेत त्यांचे इलेक्ट्रो टाईप म्हणजे विद्युत्प्रतिमा तयार केलेल्या आकृतींच्या तांब्याच्या नकला विकत देण्याची कबूली घेतली. नंतर हें भाषांतर विद्याखात्याचे अधिकारी यांस दाखविलें व त्यांनीं कोरीव आकृति घालून सु-रेख रीतीनें छापण्यास आश्रय देण्याचें अभिवचन दिलें, तेव्हां भाषांतर प्रसिद्ध करण्याचा निश्चय केला, आणि इलेक्ट्रो टाईप विलायतेहून आणविले. येथेंच नवीन कोरीव आकृति करावणें तर फार खर्च येतो, यास्तव इंग्रजी अक्षरें असलेल्याच आकृति आणवून घालण्याचा निश्चय केला, आणि पुस्तक बरेंच मोठें असल्यामुळे बारीक टाईपांत छापण्याचा विचार केला. इलेक्ट्रो टाईपाच्या केवळ कवच्या विलायतेहून आल्या होत्या, त्यांत खिळ्यांचा भातु भरून लाकडी तुकड्यांवर त्यांस चढवावयाचें होतें आणि इलेक्ट्रो टाईप निरूपयोगी असल्यामुळे कांहीं कट नवीन करावयाचे होते. हें काम इतर साधारण छापखान्यांत योग्य रीतीनें होणार नाहीं, म्हणून मुंबईतील एन्थुकेझन सोसैटीच्या छापखान्यांत पुस्तक छापण्यास दिलें, व त्यांनीं पुस्तक फारच चांगल्या रीतीनें छापून तयार केलें आहे. याबद्दल मी त्या छापखान्यावरील अधिकार्यांचाही आभारी आहे.

माझ्या सृष्टिशास्त्रावरील पुस्तकांत उष्णताशास्त्राचा समावेश केला आहे ; परंतु त्या विषयाचें विवेचन त्या पुस्तकांत अगदींच प्रथमार्थी हा विषय शिकणाऱ्या विद्यार्थ्यांस समजण्याजोगें केलें असल्यानें त्यांत उष्णताविसर्जन या विषयाचें फार तांत्रिक विवेचन केलें आहे. तें विवेचन या पुस्तकांत पूर्णपणें आलें आहे. तसेंच उष्णतेविषयीं यांत्रिक कल्पना, कर्तृत्वशक्तीचें नित्यत्व, उष्णतेची उत्पत्तिस्थानें आणि उष्णता यंत्रें या विषयीं त्यांत मुळांच विवेचन नव्हतें, तें येथें केलें आहे. शेवटल्या दोन तीन विषयांवर मराठीभाषेत हा बहुतेक पहिलाच लेख आहे, असें झटलें तरी चालेल. भाषांतर केवळ शब्दशः न करितां मुळांतील भावार्थ घेऊन मराठी भाषेत शोभेल अशा रीतीनें भाषांतर करण्याचें धोरण धरिलें आहे. तथापि विषय गहन व शास्त्रीय असल्यामुळे व अनेक ठिकाणीं नवीन पारिभाषिक शब्दांची योजना करावी लागल्यामुळे काचित क्लिष्टता आली असेल, त्याबद्दल वाचक माफी करतील व ती काढून टाकण्याविषयीं सूचना करतील अशी आशा आहे.

मराठी भाषेत शास्त्रीय विषयावर जीं फार थोडीं पुस्तके आहेत, त्यांत आणखी भर घालण्यासाठीं हें एक नवीन पुस्तक प्रसिद्ध करण्याचा जो विचार मनांत आणिला तो निर्विघ्नपणें तडीस गेल्याबद्दल जगन्निर्यत्याचे आभार मानून आणि माझ्या इतर शास्त्रीय पुस्तकांस जसा लोकांकडून आश्रय मिळाला तसा या पुस्तकासही मिळेल अशी आशा धरून प्रस्तावना पुरी करितों.

या पुस्तकांत ज्या नवीन पारिभाषिक शब्दांचा उपयोग केला आहे त्यांची यादी शेवटीं दिली आहे. त्यांत सुभारणा करण्याविषयीं ज्या सूचना येतील त्यांचा मोठ्या आदरानें स्वीकार करीन. सेसैटीच्या छापखान्यांत सुरेख बुक छापण्यास व आकृतींचे कट विलायतेहून आणण्यास व येथें तयार करण्यास बराच खर्च आला, यासुळे पुस्तकाची बरीच किंमत ठेवावी लागली. तरी मूळ इंग्रजी पुस्तकाची जी किंमत आहे त्याहून जास्त ठेविली आहे.

राजाराम कालेज,  
कोल्हापूर, ता. ८ जून १८९१ इ.

बा. प्र. मोडक.

## अनुक्रमणिका.

### प्रकरण १ लें.

#### उष्णता, उष्णमान आणि उष्णमापकें.

(१) उष्णतेचें स्वरूप .....	पृष्ठ. १
(२) उष्णमान .....	४
(३) उष्णमापक व त्याची रचना .....	६
(४) स्थिरबिंदु; कढण्याचा बिंदु व धिजण्याचा बिंदु .....	१०
(५) फारेन हीट, शतभाग आणि रिआमर उष्णमानें .....	१४
(६) अनेक प्रकारची उष्णमापकें .....	१६

### प्रकरण २ रें.

#### घन पदार्थांचें प्रसरण.

(१) उष्णतेनें प्रसरण होतें ही साधारण गोष्ट .....	२४
(२) घड्याळांतील तूलाचक्र .....	२६
(३) ब्रेग्वेट याचें दोन धातूंचें उष्णमापक .....	२८
(४) ग्रेहाम याचा पान्याचा आंदोलक .....	२९
(५) प्रसरणगुणक व तो काढणें .....	३०
(६) लांबीच्या प्रसरणाची उदाहरणें .....	३३
(७) क्षेत्राचा प्रसरणगुणक व उदाहरणें .....	३५
(८) घन पदार्थांचा प्रसरणगुणक व उदाहरणें .....	३६

### प्रकरण ३ रें.

#### द्रवाचें प्रसरण.

(१) दृश्य आणि खरें किंवा केवलप्रसरण .....	४१
(२) दृश्य प्रसरणाची उदाहरणें .....	४२
(३) पान्याचें उष्णमापक आणि गुरुत्व उष्णमापक .....	४३
(४) पान्याचा केवलप्रसरणगुणक काढण्याकरितां जो रेझालटचा प्रयोग त्याचा उपोद्घात .....	४५



	पृष्ठ.
(५) रेझाल्ट याची वांकड्या नळीची रीति.....	४९
(६) पाण्याच्या केवलप्रसरणाच्या ज्ञानाचा उपयोग .....	५१
(७) द्रवाचें केवलप्रसरण काढण्याची विशिष्ट गुरुत्वाची रीति.....	५२
(८) प्रापण प्रवाह.....	५४
(९) द्रवाचें प्रापण आणि वहन .....	५८
(१०) पाण्याचें अनियमित प्रसरण .....	५९

### प्रकरण ४ थें.

#### वायूवर दाबाचा परिणाम—म्यारिअट याचा सिद्धांत.

(१) दाब मापणें .....	६५
(२) वातावरणाचा दाब .....	६८
(३) म्यारिअटचा सिद्धांत सिद्ध करण्याचे प्रयोग.....	७२
(४) म्यारिअटच्या सिद्धांतावर उदाहरणें.....	७६

### प्रकरण ५ वें.

#### उष्णमानांत फेरफार केल्यानें वायूवर परिणाम.

(१) वायूचें प्रसरण .....	८१
(२) हवा खेळणें; झोत; वारा;.....	८३
(३) वायूचा प्रसरणगुणक.....	८८
(४) हवेचें उष्णमापक; केवल शुन्य उष्णमान .....	८९
(५) चार्लस किंवा गेलूझाक याचा सिद्धांत .....	९१
(६) दाब आणि उष्णमान यांचा संबंध.....	९३
(७) दाब, आकारमान आणि उष्णमान यांचा परस्पर संबंध.....	९४
(८) या तिहींचा संबंध दाखविणारी सारणी.....	९४
(९) वायूचा प्रसरणगुणक काढण्याचे रेझाल्ट याचे प्रयोग .....	९६

### प्रकरण ६ वें.

#### द्रवीभवन आणि घनीभवन.

(१) द्रवीभवनांत उष्णता अदृश्य होणें.....	१०२
(२) शीतवाजनक मिश्रणें .....	१०५
(३) घनीभवनांत उष्णता दृश्य होणें .....	१०६
(४) उष्णतेचें परिमाण मापणें; उष्णतेचें एक प्रमाण.....	१०८
(५) पाण्याची अनुक्रम उष्णता.....	१०९

## प्रकरण ७ वें.

### बाष्पभवन आणि वाफेचा जोर.

- (१) बाष्पभवनाचे उत्पन्न होणारी थंडी; केरी याचे थिजविण्याचे यंत्र ... ११७
- (२) बाष्पभवन जलद चालण्यास लागणाऱ्या गोष्टी ..... ११९
- (३) क्रायाफोरस ..... १२०
- (४) वाफेचा महत्तम जोर; त्याची व्याख्या व तो मापणे ..... १२१
- (५) म्यारिअटचा सिद्धांत; वायु आणि परिभुत वाफ ..... १२३
- (६) डाक्टर थंडु याचे प्रयोग ..... १२३
- (७) भिन्न भिन्न उष्णमानावर असलेल्या अशा परस्पर जोडलेल्या भांड्या-  
तील महत्तम जोर ..... १२४
- (८) हवेतील महत्तम जोर, अनेक वाफांची मिश्रणे ..... १२५
- (९)  $0^{\circ}$  श पासून  $40^{\circ}$  श पर्यंत पाण्याच्या वाफेचा महत्तम जोर ..... १२६
- (१०)  $0^{\circ}$  श खाली पाण्याच्या वाफेचा महत्तम जोर ..... १२८
- (११)  $-30^{\circ}$  श पासून  $+230^{\circ}$  श पर्यंत प्रत्येक  $10$  अंशावरील पाण्या-  
च्या वाफेच्या महत्तम जोराचे कोष्टक ..... १२९
- (१२) वाफेचे दाब आणि उदाहरणे ..... १२९
- (१३) वायुविषयी गतिविशिष्ट कल्पना ..... १३३

## प्रकरण ८ वें.

### कढणे.

- (१) कढण्याची क्रिया चालत असता वाफेचा जोर ..... १३७
- (२) कढण्याची क्रिया चालत असता वाफेचा जोर बाह्य दाबा इतका असतो,  
हे सिद्ध करण्याचे प्रयोग ..... १३८
- (३) भिन्न भिन्न द्रवांचे कढण्याचे बिंदु भिन्न भिन्न असतात ..... १४१
- (४) कढण्याच्या बिंदूवर दाबाचा परिणाम ..... १४१
- (५) कढण्याची क्रिया चालण्यास लागणाऱ्या अवश्य गोष्टी ..... १४३
- (६) वाफेची अनुद्धत उष्णता ..... १४६
- (७) वाट याचा सिद्धांत ..... १४७
- (८)  $40^{\circ}$  श वरील उष्णमानावर पाण्याच्या वाफेचा महत्तम जोर ..... १४८
- (९) ऊर्ध्वगतन (अर्क कढणे) ..... १४९
- (१०) अंजाकार स्थिति ..... १५०

## प्रकरण ९ वें.

## आर्द्रतामापन—ढग, धुकें वगैरे.

(१) आर्द्रतामापन आणि आर्द्रता यांचे अर्थ .....	१५७
(२) आर्द्रतादर्शक .....	१५८
(३) रासायनिक आर्द्रतामापक .....	१५६
(४) देवाचा बिंदु दर्शविणारे आर्द्रतामापक व त्याचा उपयोग .....	१५६
(५) ०° स पासून ३०° स पर्यंत १ लिटर हवेस परिष्कृत करण्यास लाग- णाऱ्या पाण्याच्या वजनाने कोष्टक .....	१६०
(६) ओल्या व कोरड्या फुग्याचे आर्द्रतामापक .....	१६०
(७) ढग आणि धुकें यांचे स्वरूप .....	१६१
(८) ढगांच्या उत्पत्तीची कारणे .....	१६२
(९) ०° स पासून ३०° स पर्यंत प्रत्येक अंशावरील पाण्याच्या वाफेच्या मह- त्तम जोराचे कोष्टक .....	१६५

## प्रकरण १० वें.

## वहन.

(१) वहन; शीघ्र आणि मंदवाहक .....	१६६
(२) वाहकत्वाची व्याख्या .....	१६९
(३) वाहकत्व मापण्याची फार्बीज याची रीति .....	१६९
(४) वाहकशक्तीची वरीकर व्याख्या—सारणी .....	१७१
(५) डब्यांचा रक्षक दिवा .....	१७२

## प्रकरण ११ वें.

## विशिष्ट उष्णता आणि उष्णतामापन.

(१) विशिष्ट उष्णतेचा अर्थ; स्थूल प्रयोग .....	१७५
(२) उष्णतामापन: मिश्रणाची रीति .....	१७७
(३) उष्णतामापकाचा उपयोग करण्याची रीति; सारणी .....	१७८
(४) विसर्जनाने उष्णता जाणे, ती हिशोबात घेणे .....	१८०
(५) वायूची विशिष्ट उष्णता .....	१८२
(६) डब्यांमार्गे आणि पेटिट यांचा सिद्धांत .....	१८३
(७) वक्राने उष्णतामापक .....	१८३
(८) पाण्याची अनुदूत उष्णता काढणे .....	१८४

	पृष्ठ.
(९) वाष्पभवनाची अनुद्भूत उष्णता.....	१८६
(१०) व्वलन आणि रसायनसंयोग यांपासून उत्पन्न होणारी उष्णता .....	१८८
(११) विशिष्ट उष्णतेची उदाहरणे .....	१८८

## प्रकरण १२ वे.

### किरणविसर्जन.

(१) विसर्जनाचा अर्थ व त्याचे स्वरूप .....	१९२
(२) मेलोनीची उष्णताजन्य विद्युन्माला .....	१९४
(३) उष्णतेचे सरळ रेषेत विसर्जन.....	१९८
(४) अंतराच्या वर्गीच्या उलट प्रमाणात उष्णतेचे विसर्जन—प्रयोग.....	१९९
(५) उष्णतेच्या परावर्तनाचा नियम .....	२०१
(६) सरूपआरशांनी हा सिद्धांत सिद्ध करणे .....	२०३
(७) उष्णता व प्रकाश यांच्या परावर्तनाचे नियम सारखे असतात.....	२०६
(८) उष्णतेचे वर्गीभवन .....	२०६
(९) हवेचे उष्णमान .....	२०८
(१०) शीत होण्याचा न्यूटन याचा सिद्धांत; ड्युलांग व पेटिट यांचे प्रयोग.	२०९
(११) विनिमय कल्पना .....	२११
(१२) स्पष्ट करून दाखविण्याचे प्रयोग .....	२१२
(१३) शीघ्र आणि मंद विसर्जक .....	२१४
(१४) शीघ्र आणि मंद शोषक .....	२१६
(१५) उष्णतेचे विक्षेपन .....	२१७
(१६) शोषण, गमन, परावर्तन आणि विक्षेपन या मधील संबंध .....	२१८
(१७) विसर्जक शक्ति मापणे .....	२१८
(१८) बंद खोलीच्या उपयोगाने काढलेला श्लेषण आणि विसर्जन यांमधील संबंध .....	२२०
(१९) भिन्न भिन्न लांबीच्या लहरी; पृथग्भूत उष्णताकिरण .....	२२१
(२०) सावकाश शुभ्रोष्णमानापर्यंत उष्ण केलेल्या घन पदार्थापासून विसर्जन .....	२२४
(२१) विशिष्ट शोषण आणि विसर्जन .....	२२५
(२२) वायूची शोषक आणि विसर्जक शक्ति.....	२२७
(२३) किरणांचे रूपांतर .....	२३०
(२४) सूर्यापासून मिळालेली उष्णता, आकाशमापक .....	२३१
(२५) दाहिवर .....	२३३

## प्रकरण १३ वें.

## उष्णतेविषयी यांत्रिक कल्पना ६०.

(१) प्रेरणा, काम, आणि कर्तृत्वशक्ति यांच्या व्याख्या व यांचें मापन ...	२३७
(२) कर्तृत्वशक्तीचें नित्यत्व .....	२४२
(३) घर्षण होतें तेंथें ही हा सिद्धांत लागू पडतो .....	२४३
(४) उष्णतेचा यांत्रिक सममूल्यक .....	२४५
(५) हा काढण्याची जोल याची रीति .....	२४५
(६) यांत्रिक कर्तृत्वशक्तीत उष्णतेचें रूपांतर .....	२४७
(७) कायम आकार आणि कायम दाब असतां वायूच्या विशिष्ट उष्णता...	२४९
(८) उष्णता यंत्रांची साधारण मूलतत्त्वे .....	२५०
(९) उष्णता यंत्राचें सामर्थ्य .....	२५१
(१०) उत्तम उष्णतायंत्र .....	२५१
(११) उष्णतेचीं सूर्य व दुसरीं उत्पत्तिस्थानें .....	२५२
(१२) कर्तृत्वशक्तीचा विक्षेप .....	२५६

## प्रकरण १४ वें.

## उष्णता यंत्रें.

(१) ऐतिहासिक माहिती .....	२५९
(२) सान्नेरी याचें यंत्र .....	२६३
(३) न्युकोमन याचें यंत्र .....	२६२
(४) वाट याचें एका वाजूनें कार्य करणारें यंत्र; वेगळ्या श्रौतक .....	२६२
(५) श्रौतक .....	२६३
(६) दोहों वाजूनें कार्य करणारें यंत्र, सरकणुडदा .....	२६६
(७) सरकणुडदास पुढें मार्गें साधारण एन्सेंट्रिक किंवा मध्यवाह्य .....	२६७
(८) वाट याची समोतर गती .....	२६८
(९) निष्क्रमक (गव्हर्नर) .....	२६९
(१०) संभावक दांडा, कशांक आणि गतिचक्र .....	२७१
(११) वाट याचें पूर्ण यंत्र .....	२७२
(१२) उच्च व नीच दाबाचीं यंत्रें .....	२७४
(१३) प्रसरणार्थ काम करून घेणें, संयुक्त यंत्रें .....	२७५
(१४) गतीची दिशा बदलण्या करितां केलेली जोडाजोड .....	२७६
(१५) साधील उष्ण झालेली वाफ .....	२७८
(१६) आभगावी चालविण्याचें यंत्र; आणि साधारण यंत्रांत व यांत भेद...	२७९
(१७) वायूची दुसरी उष्णता यंत्रें .....	२८२

## वजनं व मापं.

या पुस्तकांत दशांश मात्रा पद्धतीच्या वजनांचा व मापांचा पुष्कळ ठिकाणी उप-योग केला आहे. मात्रापद्धतीचे बरेच वर्णन प्रोफेसर कुककृत रसायनशास्त्रा-च्या भाषांतरांत केले आहे, ते वाचकांनी पाह्यावे. तत्राप ज्या वजनांचा व मापांचा उप-योग केला आहे, त्यांचे साधारण स्वरूप लक्षांत घेण्यापुरती माहिती खाली दिली आहे.

### ( १ ) लांबीचीं मापं.

१० सहस्रांश मात्रा ( किंवा १० सश. मा ) = १ शतांश मात्रा ( १ शश. मा. )

१० शतांश मात्रा ( १० शश. मा. ) = १ दशांश मात्रा.

१० दशांश मात्रा ( १० दश. मा. ) = १ मात्रा ( मा. )

१० मात्रा ( मा. ) = १ दशमात्रा ( द. मा. )

१० दशमात्रा ( १० द. मा. ) = १ शतमात्रा ( श. मा. )

१० शतमात्रा ( १० श. मा. ) = १ सहस्रमात्रा ( स. मा. )

१ मात्रा = ३९.३८१ फूट.

= ३९.३८१ इंच.

यास्तव हें उघड आहे कीं, लहान मापाचीं मोठीं मापं करणें किंवा मोठ्याचीं लहान करणें झाल्यास केवळ दशांश चिन्ह उजवीकडे किंवा डावीकडे सारल्यानें काम होतें.

### ( २ ) आकारमानाचीं मापं.

१००० घनशतांश मात्रा ( किंवा १०००घ. शश. मा. ) = १ दशांश मात्रा.

१००० घनदशांश मात्रा ( किंवा १००० लिटर ) = १ घनमात्रा.

१ लिटर = १.७६२ पाईट.

### ( ३ ) वजनाचीं मापं.

१० सहस्रांश ग्राम ( १० सश. ग्रा. ) = १ शतांश ग्राम ( शश. ग्रा. )

१० शतांश ग्राम ( १० शश. ग्रा. ) = १ दशांश ग्राम ( दश. ग्रा. )

१० दशांश ग्राम ( १० दश. ग्रा. ) = १ ग्राम ( ग्रा. )

१० ग्राम ( १० ग्रा. ) = १ दश ग्राम ( द. ग्रा. )

१० दश ग्राम ( १० द. ग्रा. ) = १ शत ग्राम ( श. ग्रा. )

१० शत ग्राम ( किंवा १००० ग्राम ) = १ सहस्रग्राम ( किलो ग्राम. )

४० श उष्णमानावर १ घनशतांश मात्रा शुद्ध पाण्याचें जें वजन असतें त्यास ग्राम संज्ञा दिलेली आहे.

१ ग्राम = १५.४३ ग्रेन.

१ सहस्र ग्राम = २.२ पौंड.

खाली काही नेहमी ध्यानांत ठेवण्याच्या ठळक गोष्टी दिल्या आहेत.

(१) हवेचा प्रमाणभूत दाब—इया दाबानें  $0^{\circ}$  श उष्णमानावर भारमापकांतील पाण्याचा  $760$  सहस्रांश मात्रा उंचीचा स्तंभ तोलला जातो, त्या दाबास हवेचा प्रमाणभूत दाब असें म्हणतात. ही उंची  $29.922$  इंच किंवा जवळ जवळ  $30$  इंच इतकी असते.

(२)  $0^{\circ}$  श उष्णमान व  $760$  सश. मा. दाब असता  $1$  लिटर द्वाणजे एक घन दशांश मात्रा किंवा  $1000$  घनशतांशमात्रा कोरड्या हवेचें वजन  $1.293$  ग्राम असतें.

(३) हवेच्या संबंधानें पाण्याच्या वाफेचें दादर्य.  $0.622$  असतें.

(४)  $0^{\circ}$  श उष्णमान व  $760$  सश. मा. दाब असता  $1$  ग्राम हैद्रोजन  $11.2$  लिटर मापें भरतो.

(५) नित्य वायुरूपांत असणाऱ्या वायूंचा  $1^{\circ}$  श. चा प्रसरणगुणक  $\frac{1}{273}$  किंवा  $0.00366$  असतो.

# उष्णता.

## प्रकरण १.

### उष्णता—उष्णतामान—उष्णमापकें.

उपोद्घात—उष्णताशास्त्राच्या अध्ययनास आरंभ करण्यापूर्वी शास्त्रज्ञां ने नांव आपण कशास देतों, याविषयी चार शब्द निवडून घेवयाचे असतात ते वाया जाणार नाहीत असे वाटते. कारण येणेंकालून प्रसूनच्या विषयानें अध्ययन आपण कोणत्या रीतीने केले पाहिजे हें आपणास जास्त चांगले समजेल.

आपण आपल्या सर्भोपार पाहिले म्हणजे भिन्न भिन्न तऱ्हीच्या अशा नाना नैसर्गिक क्रिया चाललेल्या आढेवत असे आपल्या नजरेस पडते:—तारे किरण आढेवत; वाष्पभवन चालले आहे; किम्वेक पदार्थ विनलनात; किम्वेक प्रसरण पावताना; कोही पदार्थास एकमेकांवर याशिर्जे म्हणजे यावि.सुन आकृषक व प्रतिसाक व्यापार पडू लागताना; आणि गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमाविरुद्ध लोखंड व पोल्याद यांच्या चुकृत्वाची चमत्कारिक अशी किम्वेक आकृषक कार्ये घडताना. याप्रमाणे अनेक क्रिया चाललेल्या आपण पाहतों.

या उपा असेकथ क्रिया आपण पाहतों, त्यांची व्यवस्था ज्ञानपाकाद्वारां उपा केल्याचा परस्पर संबंध आहे, अशा क्रियास एकेका वर्गांत घातून त्यांचे वर्गीकरण केले पाहिजे. उदाहरणार्थ—प्रसरण, वाष्पभवन, विनलन यांचा परस्परशीर्जी संबंध असून या सर्व क्रिया जिला आपण “उष्णता” म्हणतो, तिच्या कार्याने घडताना असे दिसून येते.

याप्रमाणे व्यवस्था लाविली व एकेका वर्गातील क्रिया कोणत्या विविध नियमांनी घडताना ते काढिले, आणि अमक्या क्रिया अमक्याच कारणांनी व नियमांनी घडतील असे सांगता येण्याजोगें, क्रिया घडण्याच्या कारणांचे ज्ञान झाले, म्हणजे शास्त्र बनले असे आपणास द्यावता येईल.

यास्तव एकमेकांशीं उपांचा निकट संबंध आहे, व उपांस विशेष गृहीत कल्पनांनी एकमेकांत येविलेले आहे, अशा एका वर्गातील मुष्टिक्रियांचे व्यवस्थित रीतीने उपांच वर्णन केले असतें, त्यासच स्थूल मानाचें शास्त्र अशी संज्ञा देता येईल. वर उपा गृहीत कल्पना सांगितल्या ह्या प्रयोगाभारें बसविलेल्या असून त्यांचे एकसारखे गृहीकरण होत चालले आहे व तसेच त्यांची प्रतीतिही वरचेवर धेव्याव येत आहे.

२. उष्णतेचें स्वरूप—उष्णतेचें ज्ञान अगदीं प्रथम आपणास उपार्जित्वाचें होतें. आपण म्हणतो कीं अमका पदार्थ उष्ण लागतो. परंतु उष्ण लागण्यांशिवाय



उष्णतेपासून दुसरे परिणाम घडतात; आणि ह्या दुसऱ्या परिणामावरूनच आपणास उष्णतेच्या स्वरूपाचें खरें ज्ञान होतें.

उष्णता कशास म्हणतात, याचा आतां आपण विचार करूं. हा जर प्रश्न कोणास विचारिला, तर आपणास असें आढळून येईल कीं, उष्ण पदार्थ कशास झणतात, असा प्रश्न विचारिला असतां जें उत्तर मिळेल, तेंच उत्तर बरील प्रश्नास मिळेल.

ही गोष्ट लक्षांत ठेवण्याजोगी महत्वाची आहे. कधीं कधीं आपण “उष्णता हा एक पदार्थ आहे,” असें कचित् बोलून जातो. परंतु वस्तुतः जो पदार्थ उष्ण आहे, त्यापासून उष्णतेस वेगळें काढितां येत नाहीं.

झालून पदार्थावर उष्णतेचें परिणाम काय घडतात, याचा विचार आपणास केला पाहिजे; आणि या परिणामांचा विचार करून, आणि ज्या रीतींनीं उष्णता उत्पन्न करितां येते त्याचाही विचार करून, उष्णतेचें स्वरूप काय आहे, हें समजून घेण्यास यत्न केला पाहिजे.

स्पर्शद्विधास उष्ण लागणें याशिवाय खालील गोष्टी उष्णतेविषयी आपल्या अनुभवास येतात.

(१) पदार्थास उष्ण केलें झणजे ते साधारणतः प्रसरण पावतात.

(२) घन पदार्थ वितळतात, आणि द्रव पदार्थास फार उष्ण केलें झणजे त्याचें रूपान्तर होऊन त्यास वायुरूप प्राप्त होतें.

(३) पदार्थावर हातवज्यानें ठोकून किंवा दुसऱ्या कोणत्याही रीतीनें त्यास चेंपून, दाबून, चिरडून किंवा पिळून उष्णता उत्पन्न करितां येते; त्याचप्रमाणें भातिविशिष्ट पदार्थास एकाएकीं थांबवूनही उष्णता उत्पन्न करितां येते; आणि ज्या अनेक रीतींनीं यांत्रिक कर्तृत्वशक्ति नष्ट होते, त्या सर्व रीतींनीं उष्णता उत्पन्न होते. याविषयी प्रकरण १३ मध्ये पूर्ण विचार केला जाईल.

(४) पदार्थ थंड असतां जेवढें त्याचें वजन असतें, त्याहून त्या पदार्थास उष्ण केलें झणजे त्याचें वजन जास्त किंवा कमी होत नाहीं.

(५) एक पदार्थ दुसऱ्याहून जास्त उष्ण असला म्हणजे त्यांतून उष्णता दुसऱ्या पदार्थांत जाते.

ह्या ज्या गोष्टी अनुभवास येतात, त्या सर्वांचीं कारणें सांगतां घेण्याजोगें उष्णतेचें स्वरूप फार करून काय असतें, हें आतां आपण पाहूं.

**पूर्वीची कल्पना**—पूर्वी नंबर ५ या गोष्टीवरून उष्णता हा एक द्रवरूपी पदार्थ आहे असें समजत असत, व त्यास उष्णताद्रव असें झणत. ह्या कल्पनेवरून नं० ५ या परिणामाचें कारण सांगतां येतें; कारण जर एका पदार्थांत दुसऱ्या पदार्थापेक्षा जास्त द्रव असेल, तर त्यांतून ज्यांत कमी द्रव आहे त्याकडे उष्णताद्रव स्वाभाविकच वाहत जाईल.

तसेंच नं० १ गोष्टीचेंही कारण सांगतां येईल. कोरडा रेंज पाण्यांत भिजविला म्हणजे जसा फुगतो त्याप्रमाणें उष्णतेनें पदार्थ फुगतान, असें जर आपण समजलों, तर नं० १ गोष्टीचेंही कारण सांगतां येतें.

उष्णतारूपद्रवित जणू काय पदार्थ विद्रुत होऊन तो वितळतो, असें जर आपण समजलां तर, नं० २ परिणामाचेंही अंशतः कारण सांगतां येतें.

परंतु नं० ३ आणि नं० ४ यांचीं कारणें या कल्पनेवरून आपणांस सांगतां येत नाहीत. तोफेच्या नळीस भोंक पडतांना पुष्कळ उष्णता उत्पन्न होते असें आढळतें. वरच्या कल्पनेप्रमाणें खंज पिळून त्यांतून जसें पाणी काढावें, त्याप्रमाणेंच लोखंडाचा चुरा जो खाली पडतो त्यांतून पिळूनही उष्णता निघाली पाहिजे. परंतु ही उष्णता चुऱ्याच्या आकाराच्या मानानें पाहतां अत्यंत असते. आणखी असेंही आढळतें कीं, चुऱ्यांतून ही सर्व उष्णता गेल्यावरही चुऱ्याचें उष्णमान बाकीच्या लोखंडापामून भिन्न असतें असें नजरेस येत नाही. शिवाय असेंही दिसून येतें कीं, तोफेच्या नळीस भोंक पाडण्यामध्ये जें काम होतें, त्यावरच केवळ उष्णतेचें परिमाण अवलंबून असतें, आणि दुसऱ्या कशावर अवलंबून असत नाही. आतां नं० ४ गोष्टीविषयी विचार करूं लागल्यास आपणांस असें गृहीत घ्यावें लागतें कीं, या आपल्या द्रवास मुळींच वजन नाही. झणजे जे गुरुत्वविशिष्ट दुसरे द्रव आपणांस माहीत आहेत, त्यांहून हा द्रव अगदीं भिन्न आहे, असें गृहीत घेणें आपणांस भाग पडतें.

झालून ही वरील कल्पना सर्वमान्य होण्यास मोठ्या महत्वाच्या अडचणी आहेत हें उघड आहे.

**प्रस्तुतची कल्पना**—हालीं असें समजतात कीं, ज्यास आपण साधारणपणें पदार्थ म्हणतों, तशा जातीचा उष्णता हा पदार्थ नाही. परंतु जेव्हां पदार्थाचे कण फार क्षुब्ध, चल, किंवा कंपित अशा स्थितीत असतात, तेव्हां तो पदार्थ उष्ण आहे असें समजतात.

याचा अर्थ असा कीं, सर्व पदार्थांचे कण नेहमीं चल असतात. मात्र हें चलन इतकें सूक्ष्म व गुप्त असतें कीं, तें आपल्या नजरेस येत नाही; आणि जेव्हां पदार्थ जास्त उष्ण होतो, तेव्हां हें चलन जास्त जोरानें घडतें.

ह्या कल्पनेवरून नं० १ गोष्टीचें कारण सांगतां येतें. कारण ज्याप्रमाणें कणांचें चलन जास्त होईल, त्याप्रमाणें ते एकमेकांपासून जास्त अवकाशांतून चलन पावतील. झालून सर्व पदार्थ जास्त जागा व्यापिल.

यावरून नंबर २ गोष्टीचें कारण असें सांगतां येतें. ज्याप्रमाणें चलन वाढेल, याप्रमाणें पदार्थाच्या कणांस एकत्र ठेवणारें आकर्षण स्वाभाविकच कमी होत जाईल. म्हणून ते कण एकत्र न राहतां शिथिल होतील. यास्तव पदार्थास द्रवरूप येईल.

नंबर ३ गोष्टीचेंही कारण सांगतां येतें. पदार्थावर हातवज्याचे आघात पडले, म्हणजे स्वाभाविकच त्याचे कण हालतील; आणि त्यांस जास्त चलन प्राप्त होईल.

नंबर ४ गोष्टीचेंही कारण सांगतां येतें. पदार्थाच्या कणांस जास्त चलन मिळाल्यानें त्यांच्या वजनांत काहीं फेरफार होणार नाही हें स्वाभाविक आहे.

नंबर ५ गोष्टीचेंही कारण सांगतां येतें. जास्त जोरानें आंदोलन पावणारा पदार्थ कमी जोरानें आंदोलन पावणाऱ्यास आपल्यापैकी काहीं गति देतो; आणि ह्याप्रमाणें हें चलन एका पदार्थांतून दुसऱ्या पदार्थांत जातें.

याप्रमाणे उष्णतेविषयी ज्या गोष्टी व जे परिणाम आपल्या अनुभवास येतात, त्या सर्वांची कारणे प्रस्तुतच्या कल्पनेवरून सांगता येतात. शिवाय कित्येक स्थितींत अमळे परिणाम घडतील, हेही लोकांस या कल्पनेवरून सांगता येऊं लागलें आहे.

यास्तव उष्णता हा एक गतीचा प्रकार आहे, असें आपणांस म्हणतां येईल ; व असें म्हणणें बरेंच बरोबर होईल.

टीप.—पुढील एका प्रकरणांत आपणांस असें कलेल कीं, वास्तविक झटलें झणजे 'उष्णता ही कर्तृत्वशक्ति आहे'; असें आपण समजलें पाहिजे. परंतु उष्णतेच्या स्वरूपाविषयी बारीक विचार करणें या स्थळीं अप्रासंगिक होईल.

उष्णतेच्या परिमाणाविषयीं पुढें उल्लेख केलेला पाहून वाचकांस कदाचित् चमत्कार वाटेल. कारण आतांच वर सांगितलें कीं, उष्णता ही गति आहे, आणि पदार्थ नाहीं. परंतु यंत्रशास्त्रांत ज्याप्रमाणें आपण चालकत्व मापितों, व चालकत्व हें गतीचें परिमाण दर्शवितें, त्याचप्रमाणें येथेही उष्णतेचें परिमाण मापूं. प्रकरण ६ मध्ये उष्णतेच्या मापनाविषयी विचार केला आहे. तें समजल्यावर ही गोष्ट वाचकांच्या स्पष्ट ध्यानांत येईल.

३. उष्णमान.—ज्या मानानें पदार्थ लहान किंवा मोठा असेल, त्या मानानें हें चलनचलन एकंदरीत जास्त किंवा कमी असतें. लोखंडाच्या सर्व कांबींतील उष्णता, निच्या एका तुकड्यांतील उष्णतेपेक्षा जास्त असते. कढत्या पाण्याच्या हांड्यांतील सर्व पाण्यांत जी उष्णता असते, ती त्यांतीलच एक पंचपात्रीभर पाण्यांतील उष्णतेपेक्षा जास्त असते. तसेंच उष्णतेचें मान झणजे तीव्रपणाही जास्त कमी असतो. उदाहरणार्थ लालभडक केलेल्या लोखंडी गजाचे कण थंड गजाच्या कणापेक्षा जास्त जोरानें चलन पावत असतात.

म्हणून आपणांस उष्णतेचें परिमाण व उष्णतेचा तीव्रपणा या दोहोंचा विचार केला पाहिजे. जेव्हां आपण उष्णतेच्या मानविषयी किंवा तीव्रपणाविषयी विचार करितों, तेव्हां उष्णतामान किंवा उष्णमान या शब्दांचा उपयोग करितों.

याचा अर्थ स्पष्ट करून दाखविण्याकरितां काहीं उदाहरणें देऊं.

(१) लालभडक झालेल्या पळीस हात लाविला असतां भाजतो. कारण तिचें उष्णमान फार जास्त असतें. थोड्या गरम असलेल्या अन्ना वीस पळ्या असल्या, आणि जर त्या सर्वांमध्ये मिळून एका लालभडक पळीइतकी उष्णता असली, तरी त्यांच्या योगानें हात भाजत नाहीं. कारण त्यांच्या उष्णतेचें मान कमी असतें.

(२) रस्त्यावर पडलेलें काहीं परिमाणाचें हिम ( लों ) वितळविण्यास आपणांस मोठ्या परिमाणाची उष्णता पाहिजे. परंतु मेणवती पेटविण्यास मोठ्या तीव्रतेची किंवा उंच उष्णमानाची उष्णता लागते. हांडाभर गरम पाणी पहिल्या कृत्यास उपयोगी पडेल; आणि छोटी भागकाडी पेटविली असतां दुसऱ्या कामास उपयोगी पडेल. परंतु यांची अदलाबदल केल्यानें इच्छित कार्य घडणार नाहीं.

काहीं वेळपर्यंत आपण उष्णतेच्या तीव्रपणाविषयी झणजे उष्णमानाविषयीच मात्र विचार करूं.

४. समान व भिन्न उष्णमानांच्या व्याख्या—थोडासा विचार केला असता आपणास असें दिसून येईल कीं, दोन भिन्न भिन्न पदार्थ एकमेकांस लावून ठेविले असता, एकातून दुसऱ्यांत उष्णता जाईल किंवा जाणार नाही. त्याप्रमाणें ते भिन्न किंवा समान उष्णमानाचे आहेत, अशी आपण त्यांची व्याख्या करितों, किंवा असें द्वाणण्याचें आपण ठरवितों.

म्हणून जर एकादा लोखंडाचा तुकडा कोहीं पाण्यांत टाकिला, तर लोखंडाचें उष्णमान पाण्याइतकें होईपर्यंत एकांतील उष्णता दुसऱ्यांत जात राहिल. म्हणूनच जर आपणास लोखंडाच्या तुकड्याचें उष्णमान समजलें, तर पाण्याचेंही उष्णमान समजतें; ही गोष्ट लक्षांत ठेवणें फार महत्वाचें आहे, असें आपणास कळून येईल. ज्याप्रमाणें उष्णतेची तीव्रता जास्त किंवा कमी असते, त्याप्रमाणें उष्णमानास आपण उच्च किंवा नीच म्हणतो.

५. उष्णमान मापणें—उष्णमान कसें मापावें, याचा आतां आपण विचार करूं.

‘पदार्थास स्पर्श करून’ उष्णमान मापावें, अशी स्वाभाविकच सकृददर्शनी मनांत कल्पना येईल.

परंतु एका प्रयोगावरून व रोजच्या पाहण्यांतल्या अनेक उदाहरणांवरून ही रीति विश्वसनीय नाही असें आपणास समजेल.

प्रयोग—अ ब क ड हीं चार भांडीं एका रांगेनें मांडूं; अ भांड्यांत बर्फासारखें थंड पाणी घालूं; ड भांड्यांत फार कढत पाणी घालूं; आणि ब आणि क भांड्यांत एकच कोमट पाणी भरूं; आतां अ भांड्यांत एक हात आणि ड भांड्यांत दुसरा हात कोहीं वेळ धरून नंतर त्यांतून काढून ब भांड्यांत एक आणि क भांड्यांत एक असे बुडवा; द्वाणजे तेंच कोमट पाणी अ भांड्यांतून काढिलेल्या हातास गरम लागेल, आणि ड मधून काढिलेल्या हातास थंड लागेल. ब आणि क मधील हात यांतून त्यांत व त्यांतून यांत जलद घातले म्हणजे तर याहूनही ही गोष्ट ठळकपणें अनुभवास येईल, व चमत्कार वाटेल.

यास्तव उष्णमान मापण्यास स्पर्श हें साधन उपयोगी पडणार नाही.

उष्णतेच्या परिणामांपैकीं दुसऱ्या एका परिणामावरून आपणास उष्णमान मापिलें पाहिजे. पदार्थाचें उष्णमान जसें कमजास्त होतें, त्याप्रमाणें तो लहान मोठा होतो, हें आपण पाहतों; आणि पदार्थ समान उष्णमानावर असला म्हणजे तो नेहमी समान आकाराचा असतो.

यास्तव पदार्थाचे आकार निरनिराळ्या वेळीं कसे असतात, याची तुलना करून पदार्थाच्या उष्णमानांमधील अंतराविषयीं कोहीं स्थूल कल्पना आपणास करितां येईल.

६. उष्णमापकें—या यंत्राच्या योगानें द्रव, वायु, इत्यादि ज्या पदार्थांमध्ये आपण त्यास ठेवितों, त्यांचें उष्णमान मापितं येतें. म्हणून या यंत्रांनीं उष्णतेची तीव्रता किंवा तिचें मान आपणास मापितं येतें. परंतु तिचें परिमाण मापितं येत नाही. उष्णमापक हें यंत्र असें असतें कीं, उष्णमानांत फेरफार झाल्यानें जे त्याच्या आकारमानांत फेरफार होतात, ते त्यावरून आपणास सहज समजतात. हेंच याचें मुख्य

बीज असतें. कलम ४ व कलम ५ मध्ये जें आपणास समजलें आहे, त्यावरून हे उघड आहे कीं, एकादा पदार्थ (उदाहरणार्थ लोखंडाचा तुकडा) एकाशा द्रवांत किंवा वायुंत घातला, तर त्या लोखंडाच्या तुकड्याचें उष्णमान त्याच्या आकारावरून आपणास सांगता येईल; आणि जर त्या द्रवांत किंवा वायुंत बराच वेळ त्यास ठेविलें, तर हें उष्णमान त्या द्रवाच्या किंवा वायूच्या उष्णमानाडनकेंच असलें. यास्तव या तुकड्यास ह्या द्रवाचें किंवा वायूचें उष्णमान मापण्यास आपणास घेतां येईल.

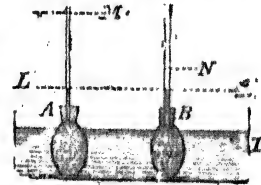
**उष्णमापकाचा नेहमीचा आकार**—नुसत्या लोखंडाच्या तुकड्याचें उष्णमापक सोईचें होणार नाही. त्याच्या आकारमानांतील फेरफार फार सूक्ष्म असतात, व ते सहज लक्षांत येत नाहींत. त्याच्या आकारमानांत जो एकंदर फेरफार होतो, तो सर्व एकदम समजत नाहीं. उदाहरणार्थ त्याच्या लांबीत जो फेरफार होतो, तोच मात्र समजतो. झणून त्याच्या आकारांतील काहीं फेरफार विशेषांत घेतां येत नाहीं. पाण्यासारखा एकादा द्रव घेऊन त्यास फुगा असलेल्या भगदी बारीक अशा भोंकाच्या नळीत भरून त्याचा उपयोग करणें, हें अधिक सोईचें होतें. येणेंकरून नळीत बराच पारा घेतां येतो व तो प्रसरण पावला झणजे भगदी बारीक नळीतून त्यास चढावयाचें असतें. यासुद्धें पाण्याचें प्रसरण व त्याच्या आकारमानांतील वाढ एकाच विशेष सडते, आणि नळी बारीक असल्यामुळें ती बरीच मोठी दिसते, व सहज पाहतां येते.

७. **उष्णमापकाची रचना**—उष्णमापकें करण्याची उत्तम रीति कोणती याचा आतां आपण विचार करूं.

(१) **नळी**—मोठ्या भोंकाच्या नळीपेक्षा बारीक भोंकाची नळी घ्यावी. कारण मोठ्या भोंकाच्या नळीपेक्षा बारीक भोंकाच्या नळीत पारा जास्त बर चढतो, हें खालील प्रयोगावरून सहज दिसून येईल.

**प्रयोग**—समान आकाराच्या चंबूचीं केलेलीं A आणि B हीं दोन उष्णमापकें आहेत. (आ० १ पहा) यांस रबराचीं दोन बुच्चें बसवून A चंबूच्या बुचांत बारीक भोंकाची व B चंबूच्या बुचांत मोठ्या भोंकाची अशा

नळ्या बसविल्या आहेत; आणि रंगित मद्याकानें दोन्ही चंबु भरून दोहोंमधील नळ्यांत सारख्या उंचीवर मद्याकें आलेला आहे. दोहोंस एकाच उष्ण पाण्यांत बुडविलें, झणजे B पेक्षा A च्या नळीत मद्याकें जास्त उंच चढलेला दिसेल. झणजे पूर्वी जर दोहों नळ्यांत L L उंचीवर द्रव असतील, तर T



आकृति १ ली.

आ गरम पाण्याच्या भोंक्यांत बुडविल्यावर A च्या नळीत द्रव M पर्यंत चढेल, व B च्या नळीत फक्त N पर्यंत चढेल.

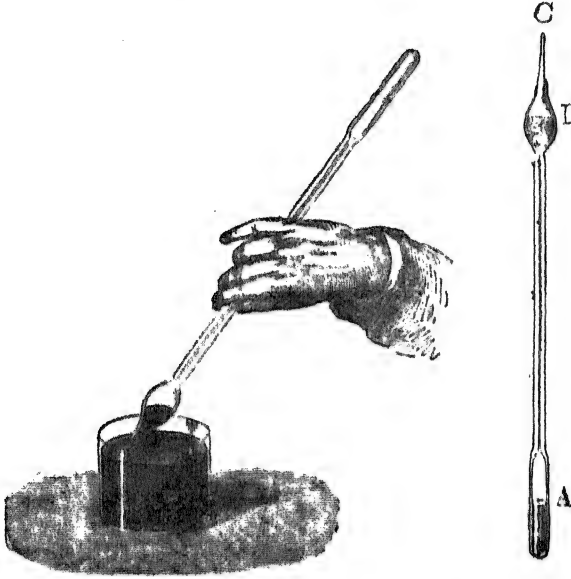
याकरितां बारीक भोंकाची नळी उष्णमापकास घेतली पाहिजे.

(२) **नळीचें छिद्र सर्वत्र समान असावें**—जर नळीचें छिद्र सर्वत्र समान नसून एका भागांत दुसऱ्या भागाच्या निमेष बारीक असेल, तर पाण्याच्या आकारमानांत जी

कला पाहजे. नळीत याडासा पारा घ्यावा. अस समजू का, तो रड्च लांबाची जागा व्यापितो. आता त्यास नळीतून या टोंकापासून त्या टोंकाकडे न्यावें. जर कोठें नळी रुंदट असेल, तर पारा कमी लांबीची जागा व्यापील आणि ज्या भागी नळी अरुंद असेल, त्या भागी पार्याची लांबी जास्त होईल. ह्यापून ज्या नळीच्या सर्व भागी पार्याची लांबी बहुतेक सारखी राहते, अशी नळी घ्यावी. या रीतीने नळीच्या भोकांत किंचित् कोठें कमज्यास्तपणा असला, ( व तसा थोडा बहुत असतोच ) तर त्याबद्दल लांबी पाहतांना आपणास कोहीं सूट देता येते. यास नळीची 'पोकळी तपासणे' असें म्हणतात.

**प्रयोग—**या रीतीने कोणत्याही नळीचे भोक सर्वत्र सारखे आहे किंवा नाहीं हें पाहणे फार सोपें आहे.

(३) **फुग्या करणे**—नळीचे टोंक विनळतून व लांब ओढून प्रथम बंद करावें. नंतर तें टोंक गोल व साफ असें जपून करावें आणि नंतर त्यास फुकनळीच्या ज्योतीत



**आकृति २ री.**

पण करून सर्वत्र सारखें मऊ करावें, आणि उघड्या तोंडातून फुकावें. म्हणजे



नळीच्या बंद टोंकाशी मऊ झालेल्या काचेच्या नळीत फुंकल्याने फुगा फुगतो. (आकृति २ पहा.) हा फुगा तयार झाल्यावर उष्णता तोंडाजवळ थोडा भाग मऊ करून व नळीत फुंकून आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे B ठिकाणी दुसरा फुगा तयार करावा; या फुग्याचा त्याच्या खालच्या फुग्यात पारा भरण्याकरिता मात्र उपयोग करितात, आणि नंतर त्यास काढून टाकितान.

(४) फुगा व नळी भरणे—जर नळी फार बागीक ओंकोची असली, तर तीत पारा ओतता सुळीच येणार नाही. कारण सर्व नळी हवेने भरलेली असने, आणि हवा बाहेर जाण्यास व पारा आत शिरण्यास वाव सांपडत नाही.

परंतु A फुग्यास उष्ण करून नळीतील काही हवेस आपणास बाहेर घालविता येईल. याप्रमाणे करून C तोंड पाण्यात बुडवून काही वेळ ठेवावे. A मधील हवा थंड झाली म्हणजे पुनः आकुंचित होते. नंतर नळीस भोंवतालच्या पाण्यावर जो बाहेरील हवेचा दाब आहे, त्याच्या योगाने B मध्ये काही पारा शिरेल. (याचे बरोबर कारण समजण्यास थोडी जास्त माहिती झाली पाहिजे, ती पुढे होईल.)

आता नळी उलटून A फुगा खाली करून धरावी. झणजे काही पारा A फुग्यात उतरतो, व काही B फुग्यात राहतो. A फुग्यास पुनः उष्ण करावे, आणि पाण्यास कडूसुखां द्यावे. परंतु उष्ण करण्याची क्रिया जपून करावी. B फुग्याचा उपयोग कसा होतो, ते आता आपणास समजेल. तेथील पाण्याचा पडशाप्रमाणे उपयोग होतो. त्यातून खालील हवा वर जाते. परंतु सर्व पारा A मध्ये खाली उतरल्याशिवाय तो आपणामधून वरील हवेस खाली जाऊ देत नाही. असे समजू की, A फुगा फुग्याने भरला आहे. आता B फुग्यास चांगले उष्ण करून C तोंड पाण्यात बुडवावे, आणि B फुगा निम्मेहून जास्त पाण्याने भरू द्यावा.

आता आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन्ही फुग्यात पारा आहे. B मधील पाण्यातून सर्व हवा जाईपर्यंत A फुग्यातील पाण्यास कढवावे. (जर फुगा दोन तृतीयांशच भरला असेल तर फुगा फुटण्याचे भय नसते. परंतु जर फुगा अगदी किंवा बहुतेक भरला असला तर मात्र फुग्यास उष्ण केल्याने फुटण्याचे भय असते,) A फुगा थंड झाला झणजे B मधील पारा त्यात उतरेल, आणि सर्व A फुगा आणि त्यावरील नळी पाण्याने भरेल. B फुग्यास आता काढून टाकिले पाहिजे. B च्या खाली नळीस वितळवून व B फुग्यासकट नळीस ओढून त्यास काढून टाकावे.

परंतु नळी अगदी पाण्याने भरली असेल तेव्हा नळीस वितळवून ओढता येत नाही. झपून आपण नळी आडवी धरावी. A फुग्यास थोडे उष्ण करावे झणजे काही पारा B फुग्यात जातो. मग A फुगा थंड झाला, झणजे B फुग्याजवळचा नळीचा काही भाग रिकामा होतो. त्या ठिकाणी नळीस उष्ण करून विनोदक वितळविता येते. (आ० ३ पहा.)

आकृति ३ री.

नंतर फुगा व नळी यास पाण्यांत बुडवावें. मात्र वितळवून ओढलेला भाग पाण्यावर राखावा. या उष्णमापकानें जें अति उंच उष्णमान मापणें असेल, तें काहीं विवक्षित आहे असें समजू. याहून काहीं जास्त उष्णमानापर्यंत ज्या पाण्यांत नळीस ठेविलें आहे, तें पाणी तापवावें. काहीं पारा नळीतून बाहेर जाईल. पाण्याखालील दिवा काढतांच पारा बाहेर पडण्याचें बंद होईल. या वेळीं हवा आत शिरण्याजोगा पारा मागे हटण्यापूर्वीं नळीचें टोंक ज्योतींत उष्ण करून व वितळवून बंद करावें. झणजे नळींत फक्त पारा राहून हवा राहणार नाही. (आ० ४ पहा.)



आकृति ४ थी.

नंतर पारा शीत होऊन बराच खाली उतरापर्यंत वाट पाहावी; आणि पारा टोंकाखाली उतरला म्हणजे नळीचें टोंक ज्योतींत उष्ण करून त्यास गोल आकार द्यावा.

**प्रयोग—**बुडाशी व तोंडाजवळ फुगे असलेली आयनी नळी मिळते. तिच्या योगानें वरील सर्व किंवा काहीं कृति करून सहज दाखविता येतात. उष्ण करण्यास वालुकाभट्टी घ्यावी, झणजे फाजील उष्ण होण्याचें भय नसतें.

८. काहीं नियमित उष्णमानांची जरूरी—आतां फुगा असलेल्या नळींत काहीं पारा भरलेला असून त्याच्या आकारमानातील फेरफार आपणास पाहतां येतील आणि कोणत्याही विवक्षित वेळीं ज्या उष्णमानावर पारा होता त्याच उष्णमानावर आहे किंवा नाही, हें सांगतां येईल. आतां नळीवर रेखा किंवा लेद मात्र पाडवयाचे राहिले. छेद पाडल्यावर अमक्या रेषेपर्यंत पारा चढलेला असेल, तेव्हां अमकें उष्णमान आहे, असें आपणांस समजेल. एवढें करणें बरस होईल कीं काय तें पाहूं ?

एवढें बस होणार नाही हें खचित आहे; कारण अमक्या दिवशीं रात्री कोंकणापेक्षा देशावर जास्त थंडी होती कीं काय हें आपणास सांगतां आलें पाहिजे. याचा अर्थ असा कीं, निरनिराळ्या उष्णमापकांनीं उष्णमानें मापिलीं असल्यास त्यांची तुलना करतां आली पाहिजे. आतां इंग्लंड आणि जर्मनी या दोहों देशांमधील उष्णमापकें करणाऱ्यांनीं सारख्याच भोकांच्या नळ्या घेतल्या असतील, त्यांचे फुगे सारख्याच आकाराचे असतील, आणि त्यांत सारख्याच परिमाणाचा पारा भरला असेल; अशी गोष्ट संभवत नाही. परंतु हें खरें आहे कीं, अमक्या उंचीवर पारा चढणें हें नळींत जितक्या उंचीपर्यंत पारा भरला असेल, त्यावर अवलंबून राहील; आणि अमक्या परिमाणाचा पारा चढणें हें जितका पारा प्रसरण पावण्याचा असेल, त्यावर (म्हणजे फुगाच्या आकारमानावर) आणि नळीचें भोंक जितकें बारीक असेल, त्यावर अवलंबून राहील. झणून अमक्या उष्णमापकांत पारा फुग्यावर तीन इंचांवर होता, व दुसऱ्यांत ४ इंचांवर होता, असें झणून यापैकीं अमकें उष्णमापक जास्त उष्ण होतें, असें सांगतां येणार नाही. आणि तसेंच अमकें उष्णमापक ३ इंच चढलें, परंतु दुसरें ३ इंच चढलें असें सांगून कोणाचें उष्णमान वाढलें हें समजणार नाही.



कसल्याही नळीची उष्णमापकें केलेलीं असलीं, तरी प्रत्येक उष्णमापक घेऊन त्यांत कांहीं नियमित व ठरीव अशा उष्णमानावर पारा किती उंचीवर स्थिर राहतो हें काढून त्या ठिकाणीं खूण केली पाहिजे. नंतर त्याहून उंच अशा दुसऱ्या एका नियमित व ठरीव उष्णमानावर पारा कोठपर्यंत चढतो, तें पाहून त्या ठिकाणींही खूण केली पाहिजे. या दोहों खुणांमधील अंतर A आणि B या दोन उष्णमापकांत अगदीं भिन्न असेल. A उष्णमापकांत तें (ab) झणजे १२ इंच असेल; आणि B उष्णमापकांत (cd) झणजे ३ इंच असेल. परंतु तें a पासून b पर्यंत आणि c पासून d पर्यंत हीं दोन्ही समान उष्णमानांमधील अंतरें आहेत: आणि जेव्हां त्या दोहोंत पारा a आणि b पर्यंत किंवा c आणि d पर्यंत अनुक्रमे आकृति ९वी. स्थिर राहतो, तेव्हां A आणि B हीं दोन्ही उष्णमापकें समान उष्णमानें दर्शविताना याचप्रमाणें जर दोहोंमध्ये या दोहों बिंदूंमधील अंतराच्या निम्मे अंतरावर किंवा चतुर्थांश अंतरावर पारा स्थिर राहिला, तरीही दोन्ही उष्णमापकें एकाच उष्णमानावर आहेत असें म्हणता येईल. (आ० ५ पहा.)



याकरितां प्रत्येक उष्णमापकावर दोन नियमित उष्णमानांच्या (किंवा उष्णतेच्या अंशांच्या) खुणा आपणास केल्या पाहिजेत. यांस ठरीव बिंदु असें झणतात. परंतु हें पक्कें समजलें पाहिजे कीं, हीं उष्णमानें जरी ठरीव असतात, तरी निरनिराळ्या भोंकांच्या व निरनिराळ्या आकारमानांच्या फुग्यांच्या नळ्या घेऊन उष्णमापकें केलीं असलीं, तर या दोन बिंदूंचीं स्थानें व त्यांमधील अंतरें, भिन्न भिन्न असतील.

**प्रयोग—निरनिराळ्या आकाराचे चंबू घेऊन व त्यांत सारख्याच भोंकाच्या नळ्या घालून केलेल्या उष्णमापकांनीं वरील गोष्ट दाखवितां येतें.**

**९. ठरीव बिंदु काढणें—**निरनिराळ्या देशातील उष्णमापकें करणारांस सहज रीतीनें जीं उष्णमानें घेतां येतील, अशीं दोन नियमित उष्णमानें आपणास प्रथमतः ठरविलीं पाहिजेत.

असें एक ठरीव उष्णमान बर्फाचा वितळण्याचा बिंदु आहे.

दुसरें असें उष्णमान कांहीं विशेष अवस्थेंत ज्या उष्णमानावर पाणी कढतें तें होय.

उष्णमापकावर 'थिज्ज्याचा बिंदु' व 'कढण्याचा बिंदु' असें जें घातलेलें आपण पाहों, तीं आपलीं दोन ठरीव उष्णमानें आहेत. या दोन बिंदूंच्या खुणा प्रत्येक उष्णमापकावर केल्या, आणि त्यांमधील अंतराचे लहान विभाग एकदां पाडिले म्हणजे आपणास निरनिराळ्या दोन उष्णमानांची तुलना कारितां येईल; मग तीं उष्णमापकें अगदीं भिन्न भिन्न रीतीनें केलेलीं असलीं तरी अडचण पडणार नाहीं.

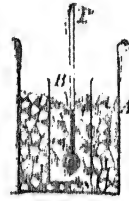
**१०. थिज्ज्याचा बिंदु काढणें—**याचा अर्थ म्हणजे जें पाणी शांत किंवा संथ ठेविलेलें नाहीं, असें पाणी कोणत्या उष्णमानावर प्रथमतः थिज्जूं लागतें, तें उष्णमान काढणें होय. बर्फ कोणत्या उष्णमानावर प्रथमतः वितळूं लागतें, तें उष्णमान

पाहिजे. तुम्हाला याचा अर्थ समजावून देण्यासाठी पुढील कल्पनेचा वापर करावा लागेल.

झणून जे बर्फ नुकते वितळून लागले आहे, अशा बर्फाच्या चुन्यात उष्णमापक ठेवून बर्फ वितळून झालेल्या पाण्यास त्यातून वाहून दिले पाहिजे. नाही तर ते पाणी बर्फाच्या वितळण्याच्या बिंदूहून किंचित जास्त उष्णमानावर कदाचित् येईल. बर्फाच्या चुन्यामधील उष्णमापकातील पारा ज्या बिंदूपर्यंत उतरेल, त्या बिंदूस थिजण्याचा बिंदु असे नांव द्यावे. कढण्याच्या बिंदूच्या पूर्वी थिजण्याचा बिंदु काढिला पाहिजे. कारण जर कढण्याचा बिंदु प्रथम काढिला, तर कांच फार प्रसरण पावलेली असते, आणि ती थिजण्याच्या उष्णमानावर आकुंचन पावून काही वेळपर्यंत आपला मूळ आकार धारण करीत नाही. झणून थिजण्याचा बिंदु काढून उष्णमापकावर खुणा केल्यानंतर कांच आणखी आकुंचन पावत जाते, आणि थिजण्याच्या बिंदूवर पारा चढतो. यामुळे काही दिवसानंतर जर थिजण्याचा बिंदु पुनः काढिला, तर पहिल्या खुणेच्या वर थिजण्याचा बिंदु चढला आहे, असे आढळते.

याच कारणाकरिता फुगा फुगविल्यावर काही दिवसपर्यंत उष्णमापकाची नळी तशीच राहिली पाहिजे.

**प्रयोग १.**—थिजण्याच्या बिंदूहून कमी उष्णमानावर बर्फ असून शकते असे दाखविता येते. 'A' हे उष्णमापक B भागातील बर्फाच्या चुन्यात ठेविले आहे. (आ० ६ पहा.) (या प्रयोगास स्वस्त मिळणारे उष्णमापक घ्यावे हे बरे.) हे B भाग त्याहून मोठ्या अशा A भागात ठेविले आहे, व त्यात बर्फ आणि मीठ यांचे मिश्रण घातलेले आहे. काही काळाने असे आढळते की, थिजण्याच्या बिंदूच्या खुणेखाली उष्णमापकातील पारा उतरतो.



आकृति ६ बी.

**प्रयोग २.**—आता ज्यावर खुण केलेली नाही, असे उष्णमापक घेऊन वर सांगितल्या रीतीने वितळणाऱ्या बर्फात बुडवून थिजण्याच्या बिंदूची खुण करावी.

**११. कढण्याचा बिंदु काढणे**—वरच्या बिंदूस कढण्याचा बिंदु असे मोंघम नांव आपण दिले आहे. परंतु हा बिंदु कोणता हे बरोबर समजण्यास त्याविषयी थोडे जास्त लिहिले पाहिजे. हे आपणास माहीत आहे की, पाणी स्रष्टु (हलके) किंवा कठीण (जड) असते; तसेच गोड किंवा खारे असते. कोणत्याही पाणी घेतले तरी ते सारख्याच उष्णमानावर कढते, की काय ते पाहिले पाहिजे.



ज्या उष्णमापकावर कढण्याच्या बिंदूची खूण करावयाची आहे, तसलें उष्णमापक घेऊन त्यास साधारण कढत्या पाण्यांत बुडवून त्यावर कढण्याच्या बिंदूची खूण करावी.

नंतर ज्या पाण्यांत क्याल्सिअम क्लोराइड हा क्षार विद्रुत केला आहे, असें पाणी कढवून त्यांत उष्णमापक बुडवावें व कढण्याचा बिंदु काढावा. दोन्ही फार भिन्न असतात असें आपणांस दिसून येईल.

टीप—ज्यावर अंश मांडलेले आहेत अशा उष्णमापकाच्या सहाय्यानें पाण्याचें कढण्याचें उष्णमान १३०° श. होई इतका क्याल्सिअम क्लोराइड हा क्षार पाण्यांत प्रथम विरघळवितां येईल.

याकरितां भिन्न भिन्न जातीचें पाणी घेतलें तर कढण्याचे बिंदु भिन्न भिन्न येतील.

आणखी आपणास असें दाखवितां येईल कीं, पाणी खरबरीत भांड्यांत आणि साफ गुळगुळीत भांड्यांत कढविलें, तरी कढण्याच्या उष्णमानांत अंतर पडतें.

या सर्व अडचणी टाळण्याकरितां उष्णमापकास पाण्यांत न बुडवितां वाफेंत बुडविलें झणजे आपलें कार्य होतें; परंतु ही वाफ गरम ठेविली पाहिजे. या वाफेच्या सभोंवार दुसरा वाफेचा थर ठेवून हें काम करितां येतें. झणजे भांतील वाफ थंड होऊ नये, झणून तिच्या सभोंवार आणखी एक वाफेचा थर ठेवितात. (आकृति ७ पहा.)

असें केल्यानें कोणत्याही प्रकारचें पाणी घेतलें, आणि कोणत्याही प्रकारचें भांडें घेतलें, तरी आतां त्यापासून अडचण येणार नाही.

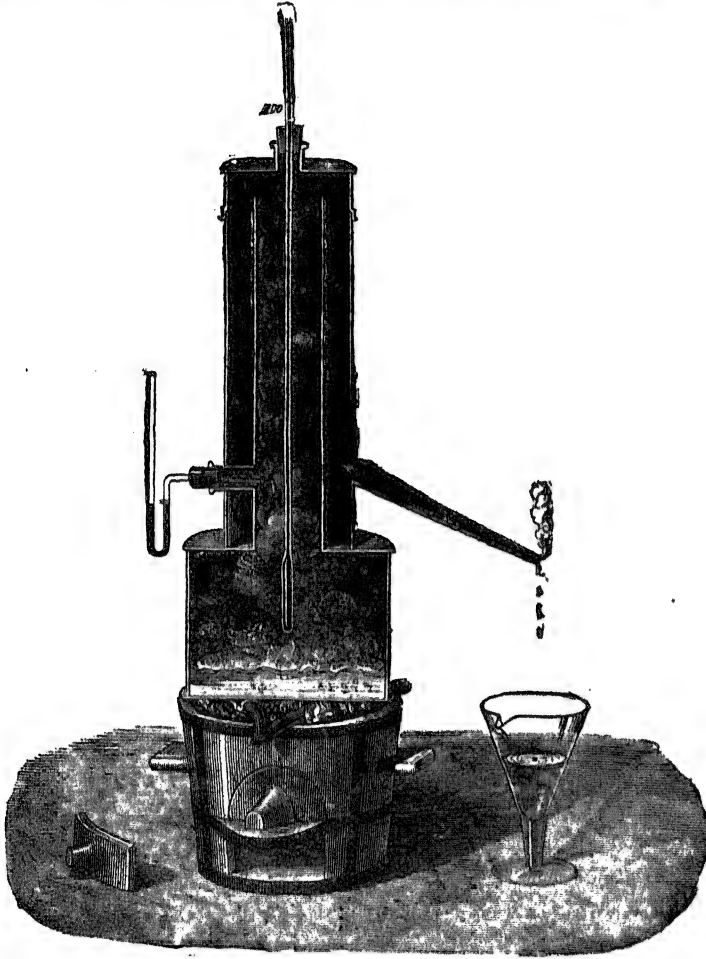
एवढ्यानें तरी आपला दुसरा ठरीव बिंदु ठामपणें मिळेल काय?

उदाहरणार्थ एक मनुष्य हिमालय पर्वताच्या शिखरावर असला व दुसरा मुंबई येथें असला, आणि त्या दोघांनीं वरील रीतीनें कढण्याचे बिंदु काढिले, तर ते सारखेच असतील कीं काय?

याचें पूर्ण उत्तर पुढें देतां येईल. येथें खालीं लिहिलेल्या काही गोष्टी मात्र सांगतो. —ज्या वातावरणांत आपण चलनचलन करितों, व जें कित्येक मैलपर्यंत उंच आपणावर आहे, त्या वातावरणाचें किंवा हवेच्या समुद्राचें वजन प्रत्येक वस्तूवर दाबीत आहे. या दाबानें कढण्याच्या उष्णमानांत फार फरक पडतो. हा दाब ज्याप्रमाणें जास्त असेल, त्याप्रमाणें पाणी कढविण्यास जास्त उष्णमान लागतें, व वाफेचें उष्णमानही जास्त असतें. तसेंच जर दाब कमी असला, तर कढत्या पाण्याचें उष्णमान कमी असतें, व वाफेचेंही कमी असतें.

आतां भारमापक या नांवाचें एक यंत्र आहे, त्यानें हा दाब मापितां येतो. येथें आम्ही एवढेंच सांगतो कीं, कढण्याचा बिंदु काढते वेळीं हा दाब किती आहे, हें पाहून तो हिशोबांत घेतला पाहिजे. असें केल्यानें जेथें दाब भिन्न भिन्न असतात, अशा अनेक ठिकाणीं केलेल्या उष्णमापकांवरही कढण्याच्या बिंदूची उष्णमानें सारखीच व कायम असू शकतील.

प्रयोग—पुढें कडणें या सदराखालीं सकारण दिलेला प्रयोग येथें करून पाहवा,  
झणजे पाणी कमी उष्ण असतांही कांहीं विशेष अवस्थेत तें कढतें हें दिसून येईल.



आकृति ७ बी.

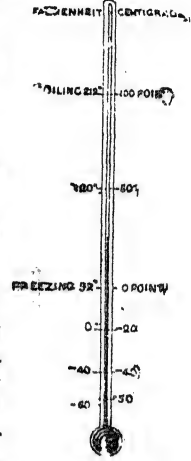
१२. उष्णमापकावर अंश मांडणें.—उष्णमापकावर दोन नियमित उष्णमा-  
नांच्या खुणा केल्या, झणजे त्या दोन उष्णमानांमधील किंवा खुणांमधील अंतर  
किंवा लांबी किती आहे, तें दाखविलें. परंतु एवढें बस बरोच नाही. गजाल किंवा

फितीवर वाराच्या किंवा याडांच्या खुणा केल्यासारखे हे झाले. ज्याप्रमाणे याडांचे किंवा वाराचे फुटांमध्ये व इंचांमध्ये विभाग करून भारभी केलेल्या खुणांच्या दोहोंकडे फुटांच्या व इंचांच्या खुणा आपणास कराव्या लागतात, त्याचप्रमाणे थिजण्याच्या बिंदूपासून कढण्याच्या बिंदूपर्यंत जें अंतर आहे, त्याचे लहान लहान विभाग करून त्यांच्या खुणा आपल्या उष्णमापकावर केल्या पाहिजेत; आणि तसल्याच खुणा थिजण्याच्या बिंदूच्या खाली आणि कढण्याच्या बिंदूच्या वरही करीत गेले पाहिजे.

आतां असा प्रश्न निघाला की, या अंतराचे आपण किती भाग पाडावे, आणि कोठे शून्य घालून विभाग मांडण्यास आरंभ करावा?

या अंतराचे विभाग करण्याच्या झणजे उष्णमापकावर अंश मांडण्याच्या हल्लीं दोन मुख्य रीति आहेत.

(१) फारेनहीटचे अंश—फारेनहीट या गृहस्थानें अत्यंत नीच असे उष्णमान मिळवून त्यास ० हें नांव देण्याचा यत्न केला. बर्फ आणि मीठ यांच्या मिश्रणांत उष्णतामापक घालून अतिनीच अशा ज्या बिंदूपर्यंत उष्णमान उतरले त्या बिंदूस त्यानें ० हें नांव दिलें, व तेथपासून अंश मांडण्यास त्यानें आरंभ केला. थिजण्याच्या बिंदूस त्यानें ३२° हें नांव दिलें, आणि कढण्याच्या बिंदूस २१२° हें नांव दिलें; म्हणजे थिजण्याचा बिंदु व कढण्याचा बिंदु यांमधील अंतराचे त्यानें १८० अंश किंवा विभाग केले.



आकृति ८ बी.

परंतु पुढें लवकरच असें दिसून आलें की, याच्या ०° हून कमी अशीं नीच उष्णमानें आढळतात. म्हणून याच्या ० खाली—१°,—२°,—३°, इत्यादि उष्णमानें मांडूं लागले.

या उष्णमापकाचें उष्णमान २१२° फा. असें लिहितात.

(२) शतभाग उष्णमापकाचें अंश—या उष्णमापकांत खरें ०° उष्णमान मिळविण्याचा यत्न न करितां थिजण्याच्या बिंदूस ०° आणि कढण्याच्या बिंदूस १००° अशीं नांवे दिली; आणि ०° खालच्या उष्णमानांस—१°,—२° झणूं लागले.

हे उष्णमापक जास्त सोईचे आहे, याचे अंश फारेनहीटच्या अंशांहून मोठे आहेत, हे आपणास लक्षांत ठेविले पाहिजे. या उष्णमापकाचें उष्णमान १००° श. असें लिहितात.

(३) रिआमरचें एक तिसरें उष्णमापक आहे. त्यांत थिजण्याचा बिंदु ०° आणि कढण्याचा बिंदु ८०° असे असतात.

सेबतच्या आकृतींत एकाच उष्णमापकावर फा आणि श या अंशांत कांहीं उष्णमानें दाखविली आहेत. अशा तऱ्हेची आकृति काढून तींत खाली सांगितलेल्या

नियमांनीं सारखीं उष्णमानें दर्शविणारे अंश काढून मांडावे म्हणजे दोहों अंशांची कल्पना येण्यास चांगलें सहाय्य होईल.

१३. फारेनहीटचे अंश शतभाग अंशांत नेणें, आणि शतभाग अंशाचे फारेनहीटचे अंश काढणें—या निरनिराळ्या रीतींनीं ज्यावर अंश मांडले आहेत, अशा उष्णमापकांचा जे लोक उपयोग करीत असतील, त्यांस त्यांवरील उष्णमानांची तुलना करितां आली पाहिजे. म्हणजे एका पद्धतीचे अंश दिले असल्यास त्या अंशास दुसऱ्या पद्धतीच्या अंशांत नेतां आलें पाहिजे.

शतभाग अंशाची फारेनहीटच्या अंशाशी तुलना करितांना दोन गोष्टी आपणांस लक्षांत ठेविण्या पाहिजेत. (१) फारेनहीटचे अंश लहान असनात झणून त्यांची संख्या जास्त असते. (२) या उष्णमापकांत थिजण्याचा बिंदु  $३२^{\circ}$  आहे; म्हणून शतभाग उष्णमापकाप्रमाणें फारेनहीटच्या उष्णमापकांत थिजण्याचा बिंदु  $0^{\circ}$  असता तर फारेनहीटचे अंश जितके असवे त्याहून सर्व उष्णमानें  $३२^{\circ}$  नीं जास्त असतात. थिजण्याचा बिंदु व कटण्याचा बिंदु यांमधील अंतराचे फारेनहीटच्या उष्णमापकांत १८० विभाग केलेले असतात, आणि शतभाग उष्णमापकांत याच अंतराचे १०० विभाग असतात. ज्यापेक्षा  $\frac{१८०}{१००} = \frac{९}{५}$  आहेत, त्यापेक्षा फारेनहीटचे अंश शतभाग अंशांच्या  $\frac{९}{५}$  पट असतात. किंवा शतभाग उष्णमापकाचा एक अंश फारेनहीटच्या एक अंशाच्या  $\frac{९}{५}$  पट मोठा असतो.

(१) श. अंशाचे फा. अंश करणें—श. अंशाचे फा. अंश करणें ज्ञान्यास त्यास  $\frac{९}{५}$  नीं गुणून त्यांत ३२ मिळविले पाहिजेत हें उघड आहे.

उदाहरणें.

“ $५०^{\circ}, 0^{\circ}, -८^{\circ}$  श. यांचे फा. अंश कर.”

(१)  $५० \times \frac{९}{५} = ९०$  आणि  $९० + ३२ = १२२$  फा.

(२)  $० \times \frac{९}{५} = ०$ , आणि  $० + ३२ = ३२^{\circ}$  फा.

(३)  $(-८) \times \frac{९}{५} = -\frac{७२}{५} = -१४\frac{२}{५}$ ; आणि  $-१४\frac{२}{५} + ३२ = १७\frac{३}{५}$ .  $\therefore -८^{\circ}$  श.  $= १७\frac{३}{५}$  फा.

(२) फा. अंशाचे श. अंश करणें—आपणास माहीत आहे कीं, शतभाग अंशांस थिजण्याच्या बिंदूपासून आरंभ होतो. आणि फारेनहीट अंशास त्याच्या खालीं  $३२^{\circ}$  पासून आरंभ होतो.

म्हणून फा. अंशांतून प्रथमतः ३२ वजा करून फारेनहीटचें उष्णमान थिजण्याच्या बिंदूपासून मापिलें असतां किती अंश होईल हें काढिलें पाहिजे; आणि नंतर त्यास  $\frac{५}{९}$  नीं गुणिलें पाहिजे. कारण शतभाग अंश मोठे असतात, म्हणून त्याची संख्या कमी असते.

उदाहरणें.

“ $१३०^{\circ}, ३२^{\circ}, १८^{\circ}$ ;— $६^{\circ}$  फा. याचे श. अंश कर.”

(१)  $१३० - ३२ = ९८$ ; आणि  $९८ \times \frac{५}{९} = ५४\frac{४}{९}$ ;

∴ १३०° फा = ५४°  $\frac{५}{९}$  श.

(२) ३२—३२=०; आणि  $० \times \frac{५}{९} = ०$

∴ ३२° फा = ०° श.

(३) १८—३२ = -१४; आणि  $-१४ \times \frac{५}{९} = -\frac{७०}{९} = -७\frac{८}{९}$  ∴ १८° फा =  $-७\frac{८}{९}$  श.

(४) ६—३२ = -२६; आणि  $(-२६) \times \frac{५}{९} = -\frac{१३०}{९} = -१४\frac{४}{९}$  ∴ -६° फा =  $-१४\frac{४}{९}$  श.

इया उष्णमापकावर दोन्ही पद्धतीचे अंश मांडिलेले आहेत, असे उष्णमापक घेऊन वरील उत्तरे बरोबर आहेत किंवा नाहीत हे पाहवें.

१८. एका पद्धतीचे अंश दुसऱ्या पद्धतीच्या अंशांत नेण्याच्या सारण्या-वरील नियमांचा खालील सारण्यांत फार थोडक्यांत समावेश होतो:—

फा. =  $\frac{५}{९}$  श. + ३२; श. =  $\frac{९}{५}$  (फा - ३२) या सारण्या पाठकरून वरील लांबलचक नियमाच्या जागी यांचा उपयोग करावा.

रीआमरचे अंश—या उष्णमापकांत थिजण्याचा बिंदु ० असतो. व कढण्याचा बिंदु ८० असतो. आणि  $\frac{१००}{८०} = \frac{५}{९}$ ; म्हणून खालील सारण्या निघतात. श. =  $\frac{५}{९}$  र.; र. =  $\frac{९}{५}$  श.; फा. =  $\frac{५}{९}$  र. + ३२; र. =  $\frac{९}{५}$  (फा. - ३२).

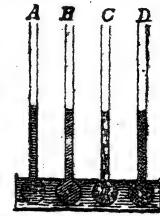
### अनेक प्रकारची उष्णमापके.

१९. शीघ्रग्राही उष्णमापके—उष्णमापक शीघ्रग्राही होण्यास म्हणजे उष्णमानांत थोडा फेरफार झाला असता द्रवाचे फार प्रसरण दिसण्यास कोणत्या गोष्टीची अवश्यता लागते, याचा आता आपण विचार करूं.

अशा प्रकारच्या उष्णमापकास खालील दिलेल्या गोष्टी अवश्य लागतात, असे आपणास सहज दिसून येईल.

(१) जो पदार्थ फार प्रसरण पावतो असा पदार्थ उष्णमापकाकरिता पाहिजे—याचे कारण सांगण्याची फारशी जरूरी नाही.

प्रयोग—सारख्या फुग्यांच्या, सारख्या भोकांच्या व सारख्या लांबीच्या A, B, C, D, या चार नळ्या पारा, तेल, पाणी आणि रंगिवलेला मद्यार्क या चार द्रवांनी सारख्या उंचीपर्यंत अनुक्रमे भरून एका कथलाच्या परळांत ठेविलेल्या आहेत. या वेळी या सर्वांचे उष्णमान सारखे म्हणजे हवेच्या उष्णमानाइतके आहे. या नळ्यांत भेद कापतो द्रवांचा आहे. आता यांचे सारखे उष्णमान चढविण्याकरिता फुगे बुडण्याजोगे परळांत कढत पाणी ओतूं. दोन मुख्य गोष्टी आपल्या नजरेस पडतील. (१)



पारा प्रथम चढतो, आणि त्याची चढण्याची परमावधी झाली म्हणजे पुनः फार जलद उतरू लागतो. (२) आणि मद्यार्क सर्व द्रवांत अत्यंत चढतो.

आकृति ९ वी.

वास्तव मद्याकें अत्यंत प्रसरण पावतो; म्हणून चारही द्रवांन शीघ्रगतीने उष्णता प्रसारण करण्यास मद्याकें हाच फार योग्य पदार्थ आहे, असें आपणास समजवें.

टीप—नळ्या सारख्या उंचीपर्यंत भरण्यास काहीं आयास लागताना. झणून झुकची व अखेरची उंची पाहून त्यामधील अंतर काढिलें असतां बस आहे.

(२) नळीचें फार बारीक भोंक असणें अधिक चांगलें आहे—याचें कारण कळत ना. यांत जें सांगितलें आहे, त्यावरून उघड आहे; व तेथें सांगितल्याप्रमाणें दाखवितां येईल.

(३) फुगा मोठा असणें हेंही चांगलें आहे.

प्रयोग—सारख्या भोकाच्या नळ्या भिन्न भिन्न आकाराच्या नळ्यां व सवून क. ८ यांत सांगितल्याप्रमाणें हें सहज दाखवितां येईल.

१६. सूक्ष्म उष्णमापकें—झ्याचें कार्ये स्वरित घडनें अशा उष्णमापकांनीं आपणास कधीं कधीं गरज लागते; झणजे ज्यावर बाह्य उष्णमानाचें फेरफार जाहिर होवून त्याचें उष्णमान वाढविण्यास भगदीं थोडी उष्णता खचें जावी, आणि या रीतीनें झ्याचें उष्णमान आपणास मापणें आहे, त्यास उष्णमापकाचें फार घड करूं नये; तत्राप उष्णमानातील सूक्ष्म फेरफार यावरून कळवे, अशा उष्णमापकें आगतां.

अशा उष्णमापकास बारीक भोंकाची व लहान फुग्याची नळी पाहिजे; आणि तसेंच जो पदार्थ फार प्रसरण पावतो, परंतु ज्यास उष्ण करण्यास फार उष्णता लागत नाहीं, असा पदार्थ पाहिजे. [ पुढें आपणास समजेल की, या शीघ्रगतीने उष्णता कमी असणें असें म्हणतात. ]

प्रयोग—शीघ्रगतीने उष्णता कमी होण्याची नळी पाहिली; आणि सूक्ष्मतेकरितां केलेलें सूक्ष्म उष्णमापक या दोहोंना लहानशा भांड्यांमध्ये पाण्याचें उष्णमान मापण्यास उपयोग करून दोहोंनीं सहज तुलना करून दाखवितां येईल.

१७. महत्तम उष्णमापक—उन्हांत किंवा सावलींत किंवा दोहोंमध्ये महत्तम उष्णमान केव्हां असतें, हें वायुचक्रशास्त्राचे वेध घेण्याच्या सर्व ठिकाणीं पाहावें लागतें. सर्व दिवसभर उष्णमापकाकडे पाहात राहून आति उंच उष्णमान केव्हां होतें हें दाखवें अशक्य होणार आहे, हें उघड आहे.

याकरितां कोणत्या तरी रीतीनें आपणास असें एक उष्णमापक केलें पाहिजे की, त्यानें अति उंच उष्णमान काय होतें हें आपोआप समजावें.

असें करण्याचा भगदीं सोपा उपाय झटला झणजे द्रव प्रसरण पावला अमना त्यानें कोणत्या तरी पदार्थास पुढें सारीं आणि आकुंचित होऊन मागे येत असतां त्या पदार्थाचें त्या बरोबर मागे येऊं नये.

अशा उष्णमापकास पारा हाच उत्तम द्रव आहे. कारण पारा नळीतून पुढें सरत असतो, तेव्हां नेहमीं त्याच्या स्तंभाचें शिखर गोल असतें; व रया गोल शिखराम सपाट करण्यास यत्न केला तर तें सपाट होत नाहीं. झणून हलक्या अशा एकावा दंडाकडें (उदाहरणार्थ तारेच्या तुकड्यास) आडव्या ठेविलेव्या नळींत पारा सहज पुढें सारील.



हा दर्शक अशा पदार्थाचा असला पाहिजे की त्या पदार्थास पारा चिकटू नये. म्हणजे पाण्याने तो भिजू नये व त्याने पाण्यास शोषण करू नये.

पाण्याचा काढण्याचा विंदु फार उंच असल्यामुळे फार मोठी उष्णमाने मापण्यास म-  
हाकापेक्षा फारच उपयोगी आहे. म्हणून महत्तम उष्णमापकास पाण्याची मातबरी  
यामुळे विशेष आहे.

प्रयोग—ज्या नळीत शिंवण्याची पोलादी सुई घालिता येईल, अशा मोठ्या भोका-  
च्या नळीचे महत्तम उष्णमापक सहज रीतीने करिता येईल.  
पुष्कळ पाण्याचे चलन जेव्हा म्हणून फुगा मोठा असला  
पाहिजे. कारण येणेकरून यंत्र व त्यातील चलन काही  
अंतरावरूनही स्पष्ट दिसतील.

आकृति १० वी.

दुसऱ्या प्रकारची महत्तम उष्णमापके—फिलिप यांच्या महत्तम उष्णमापकांत  
पुढे सरणारा पदार्थ थोडा पाराच असतो; परंतु तो मुख्य पाण्याच्या स्तंभापासून  
थोड्या हवेने अलग केलेला असतो.

निघेटी आणि झांझा यांच्या महत्तम उष्णमापकांत अगदी फुग्यावरच नळी फार  
आकुंचित व बारीक असते. झणून पारा प्रसरण पावला म्हणजे त्यातून पारा जोराने  
पुढे जातो; परंतु थंड होताना आकुंचित भागी फुग्यातील पाण्याच्या भागी आकुंचित  
भागाच्या पलीकडे असलेल्या पाण्यास मार्ग ओढण्याजोगे बलवत्तर आकर्षण नसते; म्ह-  
णून तो पारा पुढे राहतो. महत्तम उष्णमान पाहण्याकरिता जेव्हा आपण त्या उष्णमाप-  
काकडे जातो, तेव्हा नळी वांकडीकरून वेगळ्या झालेल्या पाण्यास आकुंचित भागा-  
कडे वेड देतो म्हणजे उष्णमान कमी होऊन पारा मार्गे पुनः जाऊ लागला व पार-  
दस्त्याचे विभाग झाले तेव्हा जेथे पारा पोचला होता, तेथे पाण्याच्या स्तंभाचा माथा  
येतो; व महत्तम उष्णमान समजते. हे उष्णमापक लावताना नळी खालच्या बाजूस  
थोडी कलती करून ठेवितात. याकरिता वरीलप्रमाणे नळी वर करून पारा मार्गे  
सारगे अवश्यक असते.

वरील वर्णनावरून साधारण स्थितीत व ज्या वेळी महत्तम उष्णमान पहावयाचे त्या  
स्थितीत त्या उष्णमापकाचे वाचकांनी चित्र काढावे, आणि महत्तम उष्णमान पाहण्या-  
विषयी जी रीति वर सांगितली, तिच्या खरेपणाविषयी आपले समाधान करून घ्यावे.

प्रयोग—या दोन्ही प्रकारची उष्णमापके सहज मिळवून दाखविता येतील.

१८. लघुतम उष्णमापके—लघुतम उष्णमापके ज्या प्रकारची असतात, त्यांपैकी  
एकाविषयी मात्र आपण विचार करू. या ठिकाणी आपणास असा द्रव पाहिजे की  
(१) त्याने दर्शकास मार्गे ओढिले पाहिजे व ज्या अगदी नीच स्थानी तो येईल,  
तेथे त्यास सोडिले पाहिजे; (२) द्रव इतका पारदर्शक असला पाहिजे की, दर्शक  
त्यातून स्पष्ट दिसावा; आणि (३) द्रव सहजी थिजू नये.

आपली ज्या द्रवाचे प्रसरण फार होतें, असा द्रव असला पाहिजे. ही मोष्ट सर्व  
उष्णमापकांस लावू असते. आल्कोहोल नळीत असला झणजे त्याच्या स्तंभाचा

माथा खोलगट असतो; तो पारदर्शक आहे, त्याचा थिजण्याचा विंदु, फार नीच आहे व तो फार प्रसरण पावतो. या सर्व धर्मांपुढे या कामास आल्कोहोल फार योग्य आहे.

**प्रयोग**—पाण्याच्या महत्तम उष्णमापकाप्रमाणेच आल्कोहोलचे लघुतम उष्णमापक करणे फार संपे आहे. दोहों टोंकाकडे योज्या असलेली अशी अपारदर्शक काचिची बारीक कांडी घेऊन ती दर्शकाकरिता नळीत घालावी. म्हणजे तिचे कार्य कांहीं अंतरावरूनही दिसण्यास हरकत पडणार नाही.

सोबतच्या आकृतीवरून असे दिसेल की, उष्णमापकाची नळी किंचित् वरच्या वाजूस कलती आहे. यापुढे मद्यार्क पुनः प्रसरण पावतो, तेव्हा काचिचा दर्शक सहज मार्गे राहतो.



आकृति ११ वी.

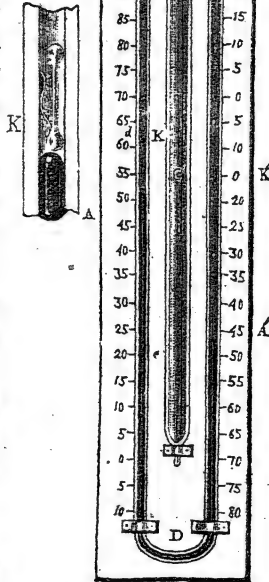
१९. सिक्स याचे महत्तम व लघुतम उष्णमापक—ह्या उष्णमापकांत अशी हीकमत योजिलेली असते की, कोणत्याही काळांत लघुतम व महत्तम उष्णमाने काय होतों, ती दोन्ही या एका उष्णमापकाने आपोआप समजतात.

या उष्णमापकाचा C हा लांबोडा फुगा मद्यार्काने भरला आहे. हाच द्रव उष्णमान वाढले किंवा कमी झाले तर प्रसरण किंवा आकुंचन पावतो.

A D हा पाण्याचा स्तंभ असून मद्यार्कावर रोबर पुढे मार्गे सरतो. म्हणून या स्तंभाचे A किंवा A शेवट आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे योग्य रीतीने अंश मांडिले असले म्हणजे उष्णमान दर्शवील.

K व K' हे दर्शक आहेत. हे काचिचे असून अत्येकांत पोलादाचा लहान तुकडा आहे; आणि मद्यार्कास लहानशी कमान आहे; व तिच्या योगाने ते आपोआप नळीतून खाली उतरत नाहीत. परंतु पुढे सरणाऱ्या पाण्याच्या A किंवा A' या टोंकांनी त्यांस ढकलले म्हणजे खालवर सरण्यास कमानाचा प्रतिबंध होत नाही.

पारा आणि B फुगा यांमध्ये जो थोडा मद्यार्क आहे, आणि B फुगांत मद्यार्कावरील रिकाम्या जागी जी मद्यार्काची वाक आहे तिचा दाब या दोहोंच्या योगाने तेथचा मद्यार्क शीत होऊन आकुंचित झाला. म्हणजे C कडे पारा मार्गे हटतो. उष्णमापकाचे कार्य कसे घडते हे उघड आहे. K दर्शकाने महत्तम उष्णमान समजते. K' दर्शकाने लघुतम

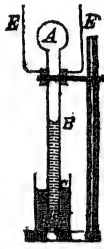


आकृति १२ वी.

उष्णमान समजतें. उष्णमापक लावण्याच्या वेळीं चुंबकानें दर्शकास पाण्याच्या स्तंभाच्या टोंकावर आणावें लागतें.

२०. हवेचें उष्णमापक—योग्य सावधगिरी घेतली असतां उष्णमापक करण्यास हवा हा उत्तम पदार्थ आहे; कारण हवा उष्णतेनें त्वरित व पुंश्कळ प्रसरण पावते; आणि तिच्या योगानें हवीं तेवढीं उष्णमानें मापितां येतात. “जेव्हां वायुचा आकार समान असून उष्णमान बदलतें, तेव्हां त्याचा दाब कसा असतो” याविषयी विचार करिते वेळीं पुढें प्रकरण ५ यांत हवेच्या सूक्ष्म उष्णमापकाविषयी विशेष विचार केला जाईल. येथें फक्त स्थूल आकाराच्या उष्णमापकाचा विचार करूं. (ह्या आकाराचें उष्णमापक सहज करितां येतें, व पाण्याच्या उष्णमापकावरून कोणत्याही दिवशीं त्यावर अंश मांडितां येतात. या प्रकारचीं उष्णमापकें लंडन येथील त्रिफीन आणि कंपनी विकतात.

सोबतची आकृति पाहिली झणजे आपल्या लक्षांत येईल की, या उष्णमापकाचे मुख्य भाग A फुगा आणि A B C नळी हे आहेत. यांत A B हा हवेचा भाग आहे. आणि त्याच्या आकारमानातील फेरफार B C पाण्याच्या स्तंभाच्या खालवर सरण्यानें स्पष्ट दिसतात.



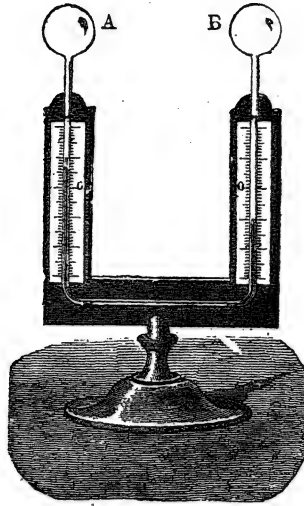
EE हें एक भांडें असून त्यास फुग्यांच्या संभोवती बसवितां येतें, व त्यांत द्रव भरतां येतो. कित्येक प्रयोगांत या भांड्याचा उपयोग फार होतो. A B भागांतील हवेच्या आकारमानांत उष्णमानानें फेरफार होतात. आणि C भागांतील द्रवाच्या पृष्ठभागांवरील दाबांत फेरफार होतील त्याप्रमाणेंही फेरफार होतात. यास्तव या उष्णमा-आकृति १३वी. पकावर एकदां मांडिलेले अंश सर्वदां उपयोगीं पडत नाहींत. हा या यंत्राचा मोठा दोष आहे.

प्रयोग—असले हवेचें उष्णमापक सहज करून किंवा मिळवून त्याचें कार्य दाखवितां येतें. ज्ञात करणें झाल्यास फुग्यावर इथर हा मद्याकें ओतावा, आणि उष्ण करणें झाल्यास फुग्यावर हात ठेवावा: हात लावतांच द्रव खालीं उतरतो आणि इथर ओततांच द्रव वर चढतो.

२१. लेस्लीचें मेरोष्णमापक—आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें A आणि B हे दोन फुगे काटकोनाकार नळीनें जोडून हें उष्णमापक केलेलें असतें. या दोहों फुग्यांत हवा असते; आणि हे दोन हवेचे समान भाग काहीं सल्फ्युरिक आसिड वाकविलेल्या नळींत भरून वेगळे केलेले असतात; या आसिडाच्या खालवर सरण्यानें एकाहून दुसरा फुगा उष्ण किंवा थंड आहे हें समजतें. A आणि B हे फुगे जेव्हा भिन्न उष्णमानावर असतात, तेव्हाच मात्र या दोहोंच्या उष्णमानांतील भेद दाखविण्याच्या हें उपयोगीं पडतें. म्हणूनच यास मेरोष्णमापक असें नांव दिलेलें आहे.

जेथें याचा उपयोग करितां येईल तेथें याच्या योगानें सर्वदां फार सूक्ष्म उष्णमानें समजतात. हा याच्या आधीं मोठा गुण आहे. हें उष्णमापक जोहोंकडून बंद असल्यामुळे हवेच्या उष्णमापकाप्रमाणें वातावरणाच्या दाबांत फेरफार झाल्यामुळे यावर काहीं

परिणाम घडत नाहीत. परंतु कोणत्याही एकाद्या स्थळाचे किंवा खोलीचे उष्णमान मापण्यास हें उपयोगी पडत नाही.



आकृति १४ बी.

**प्रयोग**—अनेक कारणांकरिता या उष्णमापकाचा उपयोग करिता येतो. उदाहरणार्थ दोहों हातांपैकी कोणता हात जास्त उष्ण आहे, हें पाहता येते. आणि दुसऱ्याही कित्येक प्रयोगांत याचा उपयोग होतो. त्यांपैकी कांहीं प्रयोग उष्णता विसर्जनाच्या प्रकरणांत पुढें दिले आहेत.

२२. उष्णमापकांत पाण्याचा साधारणपणे उपयोग करिता त्याचीं कारणें— ज्या कित्येक द्रवांचा उष्णमापकांकरिता उपयोग करिता येतो, त्या सर्वांत पाण्याचा फार साधारणपणे उपयोग करितात, हें वाचकांच्या लक्षांत आलें असेल. यास अनेक कारणें आहेत, व तीं खालीं दिलीं आहेत.

(१) पारा कांचेस चिकटत नाही. म्हणून जेव्हां उष्णमापकांतील पारा आकुंचन पावतो, तेव्हां कांचेस चिकटून कांहीं मार्गे राहात नाही. जर द्रव कांचेस चिकटला, तर कांहीं मार्गे राहील, आणि त्यामुळे असावे त्यापेक्षां कमी उष्णमान दिसेल.

(२) जीं उष्णमानें मापण्यास साधारणपणे उष्णमापकाचा उपयोग करितात, त्या उष्णमानांच्या मर्यादेंत पारा थिजत नाही, किंवा कडत नाही.

(३) अनेक कारणांवरून वायूचे प्रसरण सारखें असतें, असें समजलें आहे; आणि वायूच्या प्रसरणाची तुलना केली असतां पाण्याचें प्रसरण बरेंच सारखें व नियमित असतें.

( ४ ) पारा सहज शुद्धावस्थेत मिळविता येतो.

( ५ ) पाण्याची विशिष्टउष्णता कमी आहे. ( प्रकरण ११ पहा. ) म्हणजे पाण्या-  
शी तुलना केली असता पाण्यास उष्ण करण्यास फार उष्णता लागत नाही. म्हणून  
ज्याचे उष्णमान मापावयाचे आहे, त्या पदार्थास पाण्याचे उष्णमापक जितके थंड क-  
रील तितके पाण्याचे करीत नाही.

( ६ ) पारा शीघ्रउष्णवाहक आहे; म्हणून त्याच्या सभोवार जो द्रव किंवा पदार्थ  
असेल त्याच्या इतका हा लवकर सर्व भागी उष्ण होतो. म्हणून विवाक्षित उष्णमाना-  
वर त्याच जितके एकंदर प्रसरण व्हावे, तितके प्रसरण लवकर होतें.

### प्रकरण १ यावर प्रश्न.

( १ ) फुगा सावकाश जितका आकुंचन पावावयाचा तितका आकुंचन पावण्या-  
पूर्वी, म्हणजे फुग्याचे मंद आकुंचन पूर्ण होण्यापूर्वी उष्णमापकावर थिजण्याच्या बि-  
ंदूची खूण केली आहे; म्हणून थिजण्याच्या बिंदूची खूण केल्यावर फुग्याचे तसेच  
आकुंचन पुढे चाललें. यास्तव त्या उष्णमापकावर यानंतर पाहिलेली उष्णमानें  
खऱ्या उष्णमानापेक्षा जास्त किंवा कमी असतील ? व ही चूक किती होईल हें कसे  
काढितां येईल ?

( २ )  $60^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $23^{\circ}$ ,  $0^{\circ}$  आणि  $-80^{\circ}$  फारेनहाइट उष्णमापकाचे आहेत;  
याचे शतभाग भंश कर.

( ३ )  $200^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $-80^{\circ}$ , आणि  $80^{\circ}$ , शतभाग उष्णमापकाचे आहेत.  
याचे फारेनहाइट भंश कर.

( ४ ) काढण्याच्या बिंदूपासून थिजण्याच्या बिंदूपर्यंत भंश ५.३ इंच असेल, तर  
फारेनहाइटच्या  $1^{\circ}$  ची लांबी काय होईल ?

( ५ ) याच उष्णमापकावर थिजण्याच्या बिंदूपासून  $0^{\circ}$  फा. पर्यंत किती इंच  
लांबी असेल ?

( ६ ) या उष्णमापकावर शतभाग एका भंशाची लांबी काय होईल ?

( ७ ) थिजण्याचा बिंदू काढतांना फुग्यांतील व नळीतील पाण्यासभोवती वितळ-  
णारे बर्फ ठेविलें पाहिजे. तसें केलें नाही तर थिजण्याचा बिंदू जो निघेल त्यांत  
किती चूक होईल ?

( ८ ) तसेच कढण्याचा बिंदू काढतांना सर्व पाण्यासभोवती कढत्या उष्णमानाची  
वाफ ठेविली नाही तर काय चूक होईल ?

(९) फ्रान्स देशात जानेवारी महिन्याच्या तिसऱ्या तारखेस लघुतमउष्णमान  $-1^{\circ}$  श होतें; आणि त्याच रात्री इंग्लंडांत  $2^{\circ}$  फा होतें. या दोहोंपैकी कोणत्या ठिकाणी थंडी फार होती? आणि फा. आणि श. अंशांत किती अंतर होतें तें काढ ?

(१०) सूक्ष्मउष्णमापक करण्यास कोणता द्रव जास्त योग्य आहे, हें पाहाण्याकरितां चार भिन्न द्रवांच्या प्रसरणाची तुलना करण्याच्या प्रयोगांत सारख्या फुग्याच्या व सारख्या भोकाच्या नळ्या घेणें अवश्य होतें. कारण येणेंकरून केवळ द्रवांच्या धर्मावरूनच मात्र त्यांच्या प्रसरणांत भेद पडेल. चारही नळ्या सारख्या आहेत किंवा नाहीं ही परीक्षा कशी करितां येईल ?

(११)  $21^{\circ}$ ,  $22^{\circ}$ ,  $24^{\circ}$ ,  $26^{\circ}$ ,  $0^{\circ}$ , आणि  $-10^{\circ}$  फारेनहीटचे अंश आहेत. त्यांचे रिआमरचे अंश कर.

(१२)  $90^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ ,  $0^{\circ}$ ,  $-10^{\circ}$ — $40^{\circ}$  रिआमरचे अंश आहेत; यांचे फारेनहीटचे अंश कर.

(१३)  $20^{\circ}$ ,  $-30^{\circ}$  शतभाग आहेत त्यांचे रिआमरचे अंश कर; आणि  $30^{\circ}$ ,  $-25^{\circ}$  रिआमरचे अंश आहेत त्यांचे शतभाग अंश कर.

## प्रकरण २.

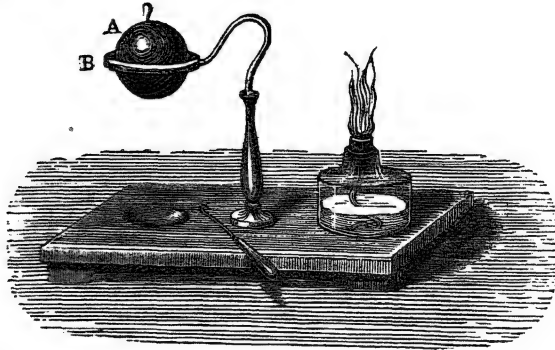
### घनपदार्थांचें प्रसरण.

२३. प्रसरणाविषयीं साधारण गोष्ट—घनपदार्थ उष्णतेनें प्रसरण पावतात ही गोष्ट आपल्या नेहमीच्या पाहण्यांतली आहे, आणि याविषयीं थोडीं उदाहरणें मनांत आणण्यास फारसें कठीण जाणार नाहीं.

आगगाडीचा रस्ता करण्यास लोखंडी पट्टा बसवितांना उन्हाळ्यांत प्रसरण पावून जी त्यांची लांबी वाढते, व हिवाळ्यांत थंडीनें आकुंचन पावून जी त्यांची लांबी कमी होते, या दोहोंस वाक ठेवण्याकरितां निरनिराळ्या पट्ट्यांमध्ये जागा राखितात.

त्याचप्रमाणें मोठमोठ्या नळांचे लोखंडी पूल बांधितांना निरनिराळे तुकडे खिळ्यानीं एकमेकांत बसवून फार लांबीचे नळ केलेले असतात, तेव्हां ते नळ दुर्बिणीच्या नळ्यांप्रमाणें एकांत एक सरण्याजोगे बसवावे लागतात; आणि दगाडांच्या मच्छांवर वरून गाढ्या दगैरे जात असतां वर्षेण कमी व्हावें झणून गोल रूळ बसविलेले असतात.

उष्णतेनें पदार्थ सर्व दिशांनीं प्रसरण पावतात ही गोष्ट मेव्हसेंडीचें कंकण आणि गोल या यंत्रांने दाखवितां येते.



आकृति १५ वी.

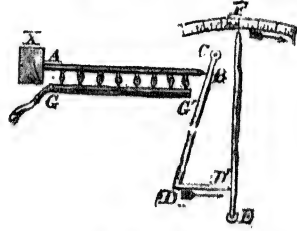
प्रयोग—A हा पितळेचा छोटा गोल आहे. हा गोल जर पोकळ असेल तर चांगला; कारण पोकळ असला झणजे त्यास लवकर उष्ण करितां येतें. B हें पितळेचेंच कंकण असून, जेव्हां दोहोंचें उष्णमान समान असतें तेव्हां त्यांतून A गोल खालवर सरकतो; परंतु A गोलास उष्ण केलें व त्यास B कंकणावर कसेंही ठेविलें, तर तो

त्यातून उतरत नाही; त्यास फिरवून B कंकणावर निरनिराळ्या स्थितीत ठेवून पाहिलें झणजे तो सर्व दिशांनीं प्रसरण पावला आहे असें दिसेल.

२४. पदार्थ लांबीनें प्रसरण पावतात हें पाहणें.—कोणत्याही धातूची १ फूट लांबीची कांब असली म्हणजे ती जितकी प्रसरण पावेल त्याच्या ६ पट त्याच पदार्थाची ६ फूट लांबीची कांब प्रसरण पावेल. झणून प्रसरण पाहण्यास त्या धातूची बऱ्याच लांबीची कांब घेऊन तिची लांबी किती वाढते, हें पाहवें हें चांगलें.

याकरितां एक लांब पितळेची गोल कांब घेऊं. तिला ज्योतींत धरून उष्ण केंद्रें तर तिची लांबी वाढली आहे असें आपणास समजेल. परंतु ही लांबी किती वाढली आहे हें स्पष्ट कळण्याकरितां वाढीचें मान कोणत्या तरी रीतीनें आपणास वाढविलें पाहिजे, म्हणजे मोठें केंद्र पाहिजे.

बाजूच्या आकृतीत यंत्र दाखविलें आहे त्यांत ही योजना आहे. A B ही गोल कांब दोन आधारोंवर आडवी बसविलेली आहे. तिचें A टोंक X या घनतुकड्यास टेंकलेलें आहे. दुसरें टोंक CBDD' या उच्चालकावर दाबीत आहे, व हा उच्चालक C टेंकूवर फिरता आहे. हें टोंक आणखी E टेंकूवर फिरत्या अशा ED' F' या दुसऱ्या उच्चालकास दाबीत आहे.



उदाहरणार्थ—जर CD, लांबी CB च्या सात पट असेल, आणि EF लांबी ED' च्या

आकृती १६ वी.

१० पट असेल तर AB चें प्रसरण स्थूलमानानें  $7 \times 10$  किंवा ७० पट मोठें दिसेल.

प्रयोग—या आकाराचें यंत्र नीट चालण्याजोगें तयार करण्यास फारसे आयास पडणार नाहीत. AB कांबीखालीं G-G' या लांब पन्हेळांत मद्याकें घालून पेटवावा आणि कांबीस उष्ण करावें.

२५. घनपदार्थांच्या प्रसरणाचा व आकुंचनाचा जोर—आपण पाहिलें कीं हें प्रसरण व आकुंचन फार थोडें असतें. परंतु तें थोडें आहे म्हणून त्याकडे व्यवहारांत दुर्लक्ष करितां येत नाहीं. तें जरी थोडें आहे तरी त्याचा जोर फार असतो व त्याचा प्रतिकार किंवा त्यास प्रतिबंध सहज करितां येत नाहीं. झणून आपणास प्रसरणाकरितां नेहमी जागा ठेवावी लागते.

दोन भिती भोळ्यांतून दोहोंबाजूस बाहेर कलत्या होत्या, त्यास जवळ भोडण्याकरितां निदान एका प्रसंगां आकुंचनाच्या जोराचा उपयोग करण्यांत आला होता. दोहों भितींत अनेक आडव्या कांबी बसवून एका भितीच्या बाहेरच्या बाजूस एका लोखंडी पट्टीमध्ये त्यांची टोके गच्च बसविलीं होती; व दुसऱ्या भितीच्या बाहेरच्या बाजूस त्यांवर मळसूत्राच्या माद्या बसविण्याची योजना केली होती.

त्यास प्रथम उष्ण केलें, आणि जेव्हां त्या प्रसरण पावल्या, तेव्हां मळसूत्रें फिरवून माद्या गच्च बसविल्या. त्या जसजसा झोंत होऊन आकुंचित झाल्या त्याप्रमाणें भिती



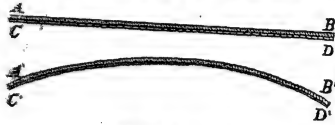
एकमेकांकीडे ओढल्या गेल्यामुळे त्या भातल्या बाजूस वळल्या. नंतर त्यांस पुनः टेंकावे देऊन त्याप्रमाणेंच केलें. असें काहीं वेळ केल्यावर भिंती ओळंब्यांत आल्या.

२६. भिन्नभिन्न धातूंच्या प्रसरणांतील अंतर—निरनिराळे घनपदार्थ सारखे प्रसरण पावत नाहींत. या गोष्टीच्या काहीं परिणामांविषयी व व्यावहारिक उपयोगां-विषयी आतां विचार करूं.

खाली दिलेली उदाहरणें रोजच्या पाहण्यांत येतात. दिव्याच्या कांचेच्या चिमणीवर धातूची विडी असते. ज्या ठिकाणी धातु व कांच यांचा जोड केलेला असतो, त्या ठिकाणी त्यांच्या भिन्न भिन्न प्रसरणांस वाव राखण्याविषयी काहीं योजना केलेली नसल्यास उष्णमानांत फेरफार झाल्यानें कांचा फुटतात. तसेंच चाकूच्या हस्तिदंती मुठीत बसविलेल्या लोखंडी तुकड्याच्या फाजील प्रसरणामुळे मुठीसकट चाकू कढतल्यांत बुडविला म्हणजे हस्तिदंती मुठी तडकून फुटतात. या सारखीं दुसरींही उदाहरणें पाहण्यांत येतात.

विशेषकरून चमत्कारिक अशीं काहीं उदाहरणें घेऊं.

संयुक्त कांबीचें वक्राकार वांकणें—C D या लोखंडी पट्टीवर A B ही



तांब्याची पट्टी मोळे फुलवून गच्च केलेली अशी A B C D ही संयुक्त पट्टी आहे. ज्या उष्णमानावर त्यांस एकत्र जोडलें असेल त्या उष्णमानावर ही कांब सरळ असते. (आ. १७ पहा)

आकृति १७वी.

तिला उष्ण केलें म्हणजे तांबें जास्त प्रसरण पावेल. मग मोडल्याशिवाय तांब्यास कसें प्रसरण पावतां येईल? तर हें उघड आहे कीं, वक्र झालेल्या लोखंडाच्या सभोवतीं बाहेरून तांब्याची कांब वांकलेली राहून तिला प्रसरण पावतां येईल. म्हणजे उष्ण केल्यावर दोहों कांबींचा वर्तुळकंस होईल. कारण अशा संयुक्त कंसांत बाहेरची पट्टी अधिक लांब असली पाहिजे. शर्यतीचें चक्र जर वर्तुळाकार असेल तर त्या चक्रावर शर्यत खेळतांना अगदीं बाहेरच्या बाजूस जो मनुष्य असेल त्यास सर्वांत जास्त अंतर पळवें लागतें.

प्रयोग—अशी संयुक्त कांब करून तिला उष्ण केल्यावर जो परिणाम घडतो तो पाहणें फार सोपें आहे.

२७. समतोलता राखणारें छोट्या घड्याळांतील तुलाचक्र—छोट्या घड्याळांत मागें पुढें सरणारें जें तुलाचक्र असतें तें सर्वांच्या पाहण्यांत असतें. प्रत्येक वेळीं तें पुढें मागें गेलें म्हणजे घड्याळाच्या चक्रपैकीं एका दंतुरचक्राचा एक दांत सुटतो, व तेकडें कांय एक घर पुढें उडतो. म्हणून ज्या वेळानें हें चक्र पुढें मागें सरेल, त्या वेळानें घड्याळाची चाळ अवलंबून असते.

आतां हें चक्र केंसासारख्या बारीक कमानीच्या योगानें मागें पुढें सरतें. हें चक्र जर जास्त जड झालें, किंवा वजन वेवढेंच राहून चक्राचा व्यास वाढला तर तें साव-

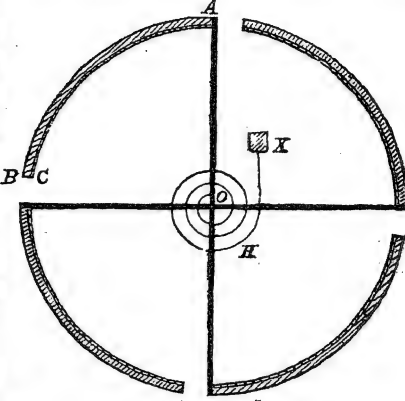
होईल, किंवा त्याचा व्यास कमी होईल तर त आधिक जलदान पुढे मागे सरेल.

आता आपणास प्रसरण व आकुंचन यांचा विचार करणें आहे. या दोनही क्रियांनी चक्राच्या वजनांत फरक पडत नाहीं. परंतु त्याच्या व्यासांत फरक होतो, म्हणून येणेंकरून घड्याळाच्या चालण्याच्या वेगांत फरक पडेल.

याकरिता घड्याळ नियमित रीतीनेच चालवें अशी जर आपली इच्छा असेल, तर चक्राचा जड असा भाग जो परीघ तो, प्रसरण किंवा आकुंचन झालें तरी ज्या आंसावर चक्र पुढें मागें सरत आहे, म्हणजे हेलकावे खात आहे, त्या आंसापासून सारख्या अंतरावर एकंदरीत राहावा, अशी योजना आपण केली पाहिजे.

हा उद्देश खाली लिहिल्या रीतीने सिद्धीस जातो. सोबतच्या आकृतीत तुलाचक्र

दाखविलें आहे. त्यांत परिघाचे चार तुकडे असून प्रत्येक तुकडा आन्व्यस फक्त एका टोंकाकडे मात्र बसविलेला आहे व दुसरें टोंक मोकळें आहे. H ही केशकृति कमान असून तिचें एक टोंक X या जाड तुकड्यांत बसविलेले आहे, व दुसरें टोंक चक्राच्या आंसावर बसविलेले आहे. (आ. १८पहा). (चक्राच्या ज्या भागाविषयी आपणास विचार करावयाचा आहे त्याच्या आड येऊं नये ह्यापुन H कमान फार लहान अशी आकृतीत दाखविली आहे.) चक्राच्या परिघाचा प्रत्येक



आकृति १८.

एक बसवून केलेला आहे, व त्यांत जास्त प्रसरण पावणारा धातु बाहेरच्या बाजूस आहे.

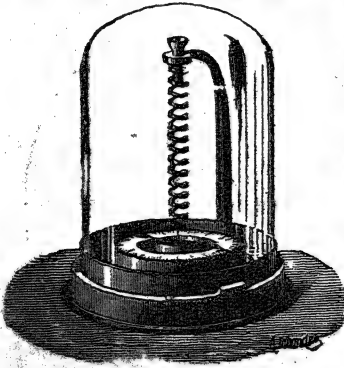
जेव्हां चक्र उष्ण होतें तेव्हां O A त्रिज्या प्रसरण पावल्यामुळे O मध्यापासून परिघावरील तुकडा अधिक दूर जातो. म्हणून चक्राचा व्यास लांब झाल्यामुळे चक्र सावकाश पुढें मागें सरेल, आणि घड्याळ मागें पडेल.

परंतु A B हा परिघाचा तुकडा संयुक्त असून जास्त प्रसरण पावणारा धातु बाहेरच्या आंगास असल्यामुळे आंतल्या बाजूस वळेल, असे आपणास माहीत आहे. हा तुकडा जितका जास्त आंत वळेल तितकें चक्र अधिक जलद हेलकावे खाईल. परिघाच्या चवथ्याचें A टोंक मध्यापासून दूर जाईल, आणि B C टोंक मध्याच्या जवळ येईल. A टोंक जितकें दूर जाईल, तितकेंच B C टोंक मध्याजवळ यावें, अशा प्रमाणानें त्रिज्या

आणि A B C संयुक्त कांब या दोहोंच्या लांबी ठेविण्यानें दोहोंच्या प्रसरणापासून एकमेकांचें समतोलन होईल, आणि येणेंकरून चक्र सारख्या वेगानें मागे पुढें सरेल, आणि घड्याळ जलद किंवा सावकाश चालणार नाही. चक्र शीत झालें म्हणजे A टोंक व्याकुंचनानें मध्याजवळ येईल, आणि परिघावरील जास्त प्रसरण पावणारा धातु जास्त व्याकुंचन पावेल व त्यामुळें परिघाचा तुकडा बाहेरच्या बाजूस वक्र होईल व B C टोंक मध्यापासून दूर जाईल. याकरितां चक्र सारख्या वेगानेंच चलन पावेल.

समुद्रांतून जलपर्यटण करीत असतां उष्णमानांत फेरफार झाले तरी सारख्या वेगानें चालणारें घड्याळ जवळ असणें फार उपयोगाचें व महत्वाचें असतें. कारण अशा वेळीं स्थानिक वेळेची म्हणजे ज्या स्थळीं जहाज असेल तेथील वेळेची दुसऱ्या कोणत्या तरी प्रमाणभूत वेळेशीं उदाहरणार्थ ग्रीनवीचच्या वेळेशीं तुलना करून त्या स्थळचे रेखांश काढितां येतात.

२६. जेव्हाचें दोन धातूंचें उष्णमापक—कलम २६ यांत आपण पाहिलें कीं,



संयुक्त पट्टीचा तुकडा बहुतेक वर्तुळाकार असा वांकविला, आणि जास्त प्रसरण पावणारा धातु बाहेरच्या बाजूस ठेविला तर त्यास उष्ण केल्यावर तो तुकडा जास्त वक्र होऊन त्यास जास्त वांक येईल.

अशी संयुक्त पट्टी घेऊन स्कूसारखी म्हणजे नागमोडीसारखी वांकविली, तर तिला उष्ण केल्यावर तिचीं वर्ळीं अधिक वक्र होतील. याकरितां अशा पट्टीचें एक टोंक कशास तरां टांगून पकें बसविलें, आणि दुसरे टोंक खाली मोकळें ठेवून त्यास एक टोंक असलेल्या

आकृति १९ वी.

तारेचा हलका तुकडा किंवा कांटा मानपट्टीवरून सरकण्या जोगा अडकविला, तर त्याचें टोंक निरनिराळें उष्णमान असतां निरनिराळ्या अंशावर राहील असें आपणास आढळेल. (आ० १९ पहा.)

या प्रकारचें सर्वेथं थंड आपणास करवितां येईल. पितळ, आणि जस्त या धातूंच्या पातळ पत्र्यांच्या दोन पट्ट्या अर्धो इंच रुंद व एक याडे लांब अशा चिंचोळ्या घेऊन त्यांस एकावर एक बसवून त्यांची संयुक्त पट्टी करावी. नंतर भरवां लाकडी रुड्यावर तिला

आकृति २० वी. गुंडाळून नागमोडीचा आकार द्यावा. तिचीं दोन्ही टोंकें सरळ नागमोडीच्या आंशावर आणारीं, आणि एका टोंकास सुईसारखें टोंक असलेला पितळेच्या तारेचा तुकडा लाकडां बसवावा. (आ० २० पहा.)

आंदोलक.—दोन भिन्न पदार्थांच्या प्रसरणांत जें अंतर असतें, त्यावर या आंदोलकाचें कार्य अवलंबून असतें; म्हणून याचें कार्य मागच्याहून भिन्न रीतीने घडतें.

O A हा लांकडी दांडा आहे. B C हें एक भांडें आहे, E आणि F या पाण्याने भरलेल्या दोन लांबोळ्या कुप्पा आहेत. टांगलेल्या बिंदूपासून आंदोलकाच्या लोळ्याच्या किंवा लंबकाच्या गुरुत्वमध्याचें अंतर जसें जास्त कमी होईल, त्याप्रमाणे आंदोलकाचे झोले जास्त कमी सावकाश किंवा जलद होतील. या आंदोलकांत पाण्याच्या दोन कुप्पा लोळ्याच्या जागी आहेत. हाणून त्यांच्या गुरुत्वमध्यांतून जाणारी रेषा G' G G'' असेल, तर ज्या वेगानें आंदोलक झोले खाईल तो वेग, आणि म्हणून घड्याळ चालण्याचा वेग हे O G या लांबीवर अवलंबून राहतील, असे आपणास म्हणता येईल. ( भा० २१ पाहा.)

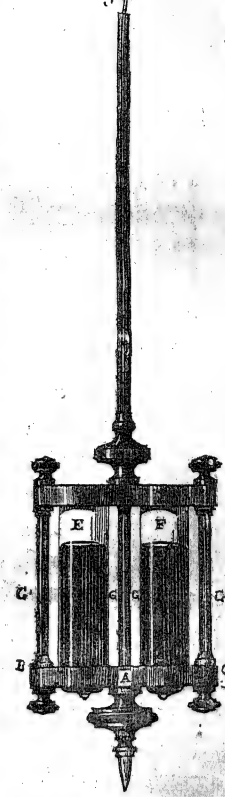
आतां O A हा लांकडाचा तुकडा उष्णकाळांत प्रसरण पावेल, आणि तेथेंकरून G गुरुत्वमध्य खाली जाईल. याकारिता घड्याळ सावकाश चालू लागेल. परंतु पाराही वरच्या बाजूस प्रसरण पावेल व त्यामुळे G गुरुत्वमध्य चढेल. हीं दोन प्रसरणे परस्पर विरुद्ध अशा दिशांनी होत असल्यामुळे जर O G लांबी सर्वदा सारखी राहील तर समतोलन होऊन घड्याळ सारख्या वेगानें चालेल.

पाण्याचा माथा जर १ इंच वर चढला तर गुरुत्वमध्य ३ इंच वर चढेल. हें लक्षांत आणिलें तर एकंदर लांकडाचें खालच्या बाजूस जितकें प्रसरण होईल, त्याच्या दुप्पट पाण्याचें वरच्या बाजूस प्रसरण झालें पाहिजे हें उघड आहे.

व्यवहारांत असा आंदोलक कारितां येतो याचें कारण, लांकडाहून पारा जास्त प्रसरण पावतो, या गोष्टीवर अवलंबून आहे.

टीप—आंदोलकावर कांहीं प्रश्न पुढे दिले आहेत.

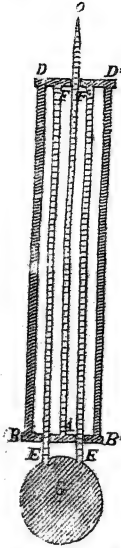
जर उष्णमान कमी झालें तर त्याचा परिणाम कसा होईल हें उघड आहे. उष्ण-



आकृति २१ वी.

मान कमी झाल्याने दोन्ही आकुंचित होतील, परंतु पारा लोंकडाच्या दुपट आकुंचन पावेल. यामुळे O G ची लांबी सारखी राहील.

३०. हारिसनचा जाळीचा आंदोलक—या आंदोलकांत O A हा लोखंडी गज प्रसरण पावला म्हणजे B B ही कांठ खाली जाते. B D आणि B' D' याच कारणाने वरच्या बाजूस प्रसरण पावून D D' या वरच्या आडव्या कांबीस वर चढवितात. आणि F E आणि F' E' हे लोखंडी दांडे खालच्या बाजूसच प्रसरण पावून लोळ्यास खाली नेतात. (आ० २२ पहा.)



यास्तव लोळ्याचा G गुरुत्वमध्य O A आणि F E यांच्या प्रसरणाने खाली जातो, आणि B D या दांड्यांच्या प्रसरणाने वर चढतो. या जातीच्या खऱ्या आंदोलकांत वरच्या बाजूस प्रसरण पावणारे पितळेचे दांडे, आणि खालच्या बाजूस प्रसरण पावणारे लोखंडी दांडे यांची संख्या वर सांगितल्याहून जास्त असते. सर्व दांडे आकृतीत दाखविले असता गोंधळ होईल, म्हणून दाखविले नाहीत. यांतील मुख्य तत्व असे असते की, लोळ्यास वर चढविणाऱ्या पितळेच्या दांड्याहून खाली उतरणाऱ्या लोखंडी दांड्यांची संख्या एकाने नेहमी जास्त असते. परंतु पितळ लोखंडाहून जास्त प्रसरण पावते म्हणून दोहोंच्या लांब्या आपणास भन्ना ठेविल्या पाहिजेत की, एकंदरीत गुरुत्वमध्य खाली उतरू नये; आणि यास्तव आंदोलक व त्यावरून पळ्याळ सारख्या वेगाने चालवें.

आकृति २२ बी.

### घन पदार्थांचे प्रसरण गुणक.

३१. प्रसरण गुणकाचा साधारण अर्थ—पितळ, लोखंड, जस्त इत्यादि धातु परस्पर भिन्न अशा धानाने प्रसरण पावतात. तथापि एकाच धातूचे प्रसरण पावणाचे मान नेहमी सारखेच असते. पितळ लोखंडाहून जास्त प्रसरण पावते; परंतु एक याडे लांबीचा पितळी गज ज्या मानाने प्रसरण पावतो, त्याच प्रमाणाने एक मैल लांबीचा पितळी गज प्रसरण पावतो. तसेंच एक याडे लोखंडी गज ज्या मानाने प्रसरण पावतो, त्याच मानाने एक मैल लोखंडी गजही प्रसरण पावतो.

म्हणून जर विवक्षित लांबीची लोखंडी कांठ उदाहरणार्थ १ याडे घेऊन तिचे विवक्षित उष्णमान चढविले असता ती किती प्रसरण पावते म्हणजे किती लांबीने वाढते, हे आपण एकदा काढिले, म्हणजे दुसऱ्या कोणत्याही लांबीची लोखंडी कांठ किती प्रसरण पावेल हे सहज काढता येईल. तसेंच १ याडे लोखंडी कांठीचे विवक्षित उष्णमान चढविले असता ती किती प्रसरण पावते, हे काढिल्यास दुसऱ्या कोणत्याही उष्णमानावर ती किती प्रसरण पावेल हेही काढता येईल. यास्तव कोणत्याही लांबीची लोखंडी कांठ कोणत्याही उष्णमानावर किती प्रसरण पावेल हे काढता येईल.

या ठिकाणी पदार्थ लांबीने किती प्रसरण पावतात किंवा वाढतात याचा मात्र आपण विचार करीत आहो. प्रसरणाचे नियम समजण्यास ही गोष्ट सर्वांत साधी असल्याने तूने याचाच विचार करू.

लोखंड, जस्त इत्यादि धातूंचे पदार्थ लांबीने कसे वाढतात किंवा प्रसरण पावतात, याची तुलना करण्यास, आणि कोणत्याही उदाहरणांत किती प्रसरण झाले आहे, हे काढिता येण्यास, आपणास पुढे लिहिल्याप्रमाणे हिशेब केला पाहिजे. प्रत्येक पदार्थ एक याडे किंवा एक फूट अशा सारख्या लांबीचा घ्यावा, आणि सर्वांचे भारांमी उष्णमान सारखे ठेवावे. उदाहरणार्थ  $0^{\circ}$  श. ठेवावे. नंतर त्यांचे सारखे उष्णमान उदाहरणार्थ  $1^{\circ}$  श. चढवावे. आणि नंतर  $0^{\circ}$  श. वर जी प्रत्येकाची लांबी होती तिचा कितवा भाग प्रत्येक पदार्थ लांबीने वाढला आहे हे पाहावे; म्हणजे त्यांच्या प्रसरणांची चांगली तुलना करण्यास आपणाजवळ साधने होतील. पदार्थ लांबीने किती वाढतो, हे द्या अपूर्णाकावरून समजते, व यास लांबीचा प्रसरण गुणक असे म्हणतात.  $0^{\circ}$  श. पासून  $1^{\circ}$  श. पर्यंत उष्ण केल्यास पदार्थ जितका प्रसरण पावतो, ते प्रसरण  $0^{\circ}$  श. वरील लांबीचा कितवा अंश आहे हे या अपूर्णाकावरून समजते. प्रत्येक पदार्थाच्या प्रसरण गुणकाची संख्या नियमित व ठाम असते, म्हणून त्याच्या अर्थोविषयी शंका येण्यास कांही जागा नसते.

३२. लांबीच्या प्रसरण गुणकाचा हिशेबांत उपयोग—निरनिराळ्या पदार्थांचा प्रसरण गुणक निरनिराळा असतो. म्हणून जेव्हा लोखंड किंवा पितळ अशा एखाद्या विशेष पदार्थाविषयी विचार करण्याचा नसेल, तेव्हा उदाहरणे सोडवितांना हा अपूर्णाक ग या अक्षराने दर्शवीत जाऊ.

वर जो अर्थ सांगितला आहे, त्यावरून  $0^{\circ}$  श. वर ज्याची लांबी १ याडे असेल, (या जागी १ फूट, १ मैल, किंवा १ इंच असली तरी हरकत नाही.) त्याची  $1^{\circ}$  श. वर (१ + ग) याडे लांबी (फूट, मैल इ.) होईल. या ठिकाणी ग हा लहान अपूर्णाक आहे.

टीप—या पुढे नेहमी गोंधळ न व्हावा म्हणून लांबी घेताना एक याडेच घेऊ. परंतु याच्या जागी मैल, इंच वगैरे घेतल्यास हरकत नाही हे लक्षांत ठेवावे.

$$\left\{ \begin{array}{ll} 0^{\circ} \text{ श. वर १ याडे लांबी असल्यास } 2^{\circ} \text{ श. वर } (१ + २ ग) \text{ याडे होईल.} \\ 0^{\circ} \text{ श. } & \text{३}^{\circ} \text{ श. वर } (१ + ३ ग) \text{ ,,} \\ 0^{\circ} \text{ श. } & \text{३} 0^{\circ} \text{ श. वर } (१ + ३० ग) \text{ ,,} \end{array} \right.$$

याच प्रमाणे पुढे समजावे.

तसेच ही कांय शीत करितांना:—

$0^{\circ}$  श. वर १ याडे असल्यास, .. —  $1^{\circ}$  श. वर (१ — ग) याडे होईल.

$0^{\circ}$  श. वर ,, —  $2^{\circ}$  श. वर (१ — २ ग) ,,

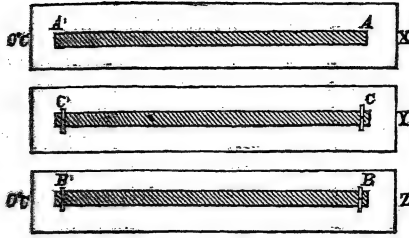
याच प्रमाणे पुढे समजावे.

३३. प्रत्यक्ष प्रयोगाने लांबीचा प्रसरण गुणक काढणे.—प्रत्येक प्रसरण गु-

वाटन हे काढणे मोहकाच्या जडातून घेतले जाते. या प्रयोगातून येते की, प्रसरण गुणक निघेल त्यास १०० नी भागावे, हे सधुक्तिक आहे. या रीतीनं जर यदा कदाचित काही चूक झाली, तर तीही १०० नी भागिली जाते.

न्याम्सडेनची रीति.—या रीतीचें पूर्ण वर्णन न देतां येथें संक्षिप्त वर्णन मात्र दिलें आहे.

X, Y, Z या तीन पेव्या आहेत, व यांमध्ये परस्परांशीं संघांतर अशा सारख्या



आ० २३ ची.

जाडींच्या व लांबीच्या, कां-  
वी आहेत. X कांबीच्या  
A आणि A' या टोंकावर  
परस्परांशीं काटकोनाकें  
अशा एकमेकांवर बसवि-  
लेल्या बारिक तारा आहेत.  
Z कांबीच्या B आणि B'  
टोंकावर दुर्बिणीचीं दोन  
पाहण्याचीं भिंगे आहेत;  
(आ० २३ पहा) व त्यां

भिगांच्या केंद्रांत आडव्या उभ्या तारा आहेत. Y कांबीच्या C आणि C' टोंकावर  
खालच्याच दुर्बिणीचीं पदार्थाकडचीं म्हणजे पदार्थ दिसण्याचीं भिंगे आहेत.

प्रथमतः प्रत्येक पेट्यांत वितळणारे बर्फ भरून तिजमधील कांबीचें उष्णमान ०°श  
वर आणितात.

नंतर दुर्बिणी म्हणजे पाहण्याचीं भिंगे व पदार्थ दिसण्याचीं भिंगे ( हीं भिंगे C  
आणि C' या ठिकाणीं दाखविलेल्या नळ्यांत बसविलेलीं असतात.) यांस मळसुत्र फिर-  
वून अशा स्थितीत आणितात कीं A आणि A' या ठिकाणच्या आडव्या उभ्या ताराचीं  
प्रतिबिंबे B आणि B' या ठिकाणच्या पाहण्याच्या भिगांच्या केंद्रांत तेथच्या आडव्या  
तारावरच येण्याजोगीं दिसावीं.

नंतर X आणि Z या कांबी ०°श. उष्णमानावरच ठेवून Y कांबीचें १००°श.  
पर्यंत उष्णमान चढवावे.

नंतर C C' कांबीचें C टोंक पुढेंमागें सारून अशा जागीं आणवे कीं, A ठिका-  
णच्या आडव्या उभ्या तारा B ठिकाणच्या भिगाच्या केंद्रातच राहतील. नंतर  
C C' कांबीच्या प्रसरणापुढें A ठिकाणच्या आडव्या उभ्या तारा B' ठिकाणच्या  
भिगाच्या केंद्रात राहिल, असें आपणास समजेल.



हैं जें मापिल्लें अंतर तेंच  $0^{\circ}$  श. वर असलेल्या  $C' C'$  कांवीचें उष्णमान  $100^{\circ}$  श. पर्यंत वाढिल्लें असतां जी तिची लांबी वाढते ती दर्शवितें, आणि जर  $C C'$  कांवीची  $0^{\circ}$  श. वर लांबी मापिली असेल, तर त्यानें यास भागून प्रसरण गुणक काढितां येतो.

उदाहरण—असे समजा कीं  $0^{\circ}$  श. वर  $C C'$  कांवीची लांबी २-३ मात्रा होती; आणि तिला  $100^{\circ}$  श. पर्यंत उष्ण केल्यावर जी तिची लांबी वाढली, म्हणजे  $C'$  ठिका-  
ण्याच्या नळीस ज्या अंतरांतून मार्गें सारावें लागलें, तें अंतर  $.0027548$  मात्रा होतें.  
वरं कांवीचा प्रसरण गुणक काय ?

२.३ मात्रा लांबीच्या कांवीचें  $0^{\circ}$  श. पासून  $100^{\circ}$  श. पर्यंत उष्णमान चढ-  
विल्यानें जी तिची लांबी वाढली ती ही आहे. म्हणून १ मात्रेचे  $0^{\circ}$  श. पासून  $1^{\circ}$  श.  
पर्यंत उष्णमान वाढविल्यास जी लांबी वाढेल ती.

$$\frac{.0027548}{2 \times 3} = .0001194.$$

म्हणजे प्रसरणगुणक  $.0001194$  झाला.

३४. उदाहरणें सोडविणें—व्याजाची आकारणी करितांना नेहमी आपण  $100$   
रुपयांस किती व्याज मिळेल हें काढून त्रैराशिक मांडितों. त्याचप्रमाणें उष्णमानांत  
नियमित फेरफार झाल्यानें कोणत्याही पदार्थाच्या कांवीच्या लांबीत काय फेरफार  
होतो हें काढणें असेल तेव्हां त्या पदार्थाच्या कांवीच्या  $0^{\circ}$  श. वर असलेल्या १ याई  
किंवा १ फूट लांबीत काय फेरफार होईल, हें काढून नंतर त्रैराशिक मांडावें.

थोडी उदाहरणें सोडविल्यानें हें अधिक स्पष्ट समजेल,

उदाहरण १. एका ओर्तीव लोखंडाच्या कांवीची  $0^{\circ}$  श. वर ३ मात्रा लांबी आहे;  
तर  $20^{\circ}$  श. वर तिची लांबी किती होईल ? ओर्तीव लोखंडाचा  $1^{\circ}$  श. उष्णमा-  
नाचा लांबीचा प्रसरण गुणक  $.0001194$  आहे.

$0^{\circ}$  श. वर एक मात्रा लांबी असेल, तर  $20^{\circ}$  श. वर  $(1 + 20 \text{ ग})$  मात्रा लांबी  
होईल म्हणून त्रैराशिक:—

१ :  $1 + 20 \text{ ग} :: ३ \text{ मात्रा} ; \text{उत्तर.}$   
किंवा १ :  $1.0002396 :: ३ : \text{उत्तर.}$

$ग = .0001194$ $20 \text{ ग} = .002396$ $1 + 20 \text{ ग} = 1.002396$
---

$\therefore$  झणून उत्तर  $= 3 \times 1.002396 = 3.007188$  मात्रा.

उदाहरण २.  $0^{\circ}$  श. वर ६ मात्रा लांबीचा एक पितळेचा दांडा आहे. तर  
 $-1^{\circ}$  श. वर त्याची लांबी किती होईल ?  $1^{\circ}$  श. उष्णमानाचा पितळेचा लांबीचा  
प्रसरणगुणक  $= .0001194$  आहे.



०°श. वर ज्याची लांबी १ मात्रा आहे त्याची—८°श. वर (१—८ ग) मात्रा होईल. म्हणून त्रैराशिकः—

१ : १—८ ग : : ६ मात्रा : उत्तर.

किंवा १ : १९९८४९६ : : ६ : उत्तर.

$$\begin{aligned} \text{ग} &= ००००१८८ \\ ८ \text{ ग} &= ०००१५०४ \\ १-८ \text{ ग} &= ९९८४९६ \end{aligned}$$

उत्तर =  $६ \times १९९८४९६ = ५९९९०९७६$  मात्रा.

उदाहरण ३. २०°श. वर एका कचिच्या नळीची लांबी ४ मात्रा आहे. तर ०°श. वर किती लांबी होईल? १°श. उष्णमानाचा कचिचा लांबीचा प्रसरण गुणक = ०००००८५३ आहे.

आपणास असे माहीत आहे की ०°श. वर जिची लांबी १ मात्रा आहे. तिची २०°श. वर (१+२० ग) मात्रा होईल. म्हणून जिची लांबी २०°श. वर (१+२० ग) असेल तिची ०°श. वर १ मात्रा असेल. म्हणून त्रैराशिकः—

१+२० ग : १ : : ४ मात्रा : उत्तर.

किंवा १.०००१७०६ : १ : : ४ : उत्तर.

$$\begin{aligned} \text{ग} &= ००००८५३ \\ २० \text{ ग} &= ०००१७०६ \\ १+२० \text{ ग} &= १.०००१७०६ \end{aligned}$$

∴ उत्तर =  $\frac{४}{१.०००१७०६} = ३.९९९$  मात्रा.

टीप—हें लक्षांत ठेवावें की, येथें व पूर्वी असें सर्वदां आपण ०°श. वर १ मात्रा लांबी आहे, असें कल्पितो. कारण आपल्या प्रसरणगुणकाचा या प्रमाणाशी संबंध आहे.

उदाहरण ४. आगगाडीच्या घडीव लोखंडाच्या रुळाची ३०°श. वर ५ मैल लांबी आहे. तर—४०°श. वर किती असेल? घडीव लोखंडाच्या कांबीचा लांबीचा प्रसरणगुणक = ००००११९८ आहे.

या स्थळी ०°श. वर लांबी १ मैल आहे असे घेतलें पाहिजे. जर ०°श. वर १ मैल असेल तर ३०°श. वर (१+३० ग) मैल होईल, आणि—४०°श. वर (१+४० ग) मैल होईल.

यास्तव ४०°श. वर जी लांबी (१+३० ग) मैल होती, ती—४०°श. वर (१+४० ग) मैल होते. कारण दोहोंची ०°श. वर १ मात्रा लांबी होती. ५ मैल लांबीचा रुळ याच प्रमाणानें बदलेल. म्हणून त्रैराशिकः—

१+३० ग : १—४० ग : : ५ मैल : उत्तर.

किंवा १.०००३५९४ : १.९९९५२०८ : : ५ : उत्तर.

$$\begin{aligned} \text{उत्तर} &= \frac{५ \times १.९९९५२०८}{१.०००३५९४} \\ &= \frac{९.९९७६०४०}{१.०००३५९४} \\ &= ९.९९५ \text{ मैल.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ग} &= ००००११९८ \\ ३० \text{ ग} &= ०००३५९४ \\ १+३० \text{ ग} &= १.०००३५९४ \\ ४० \text{ ग} &= ०००४७९२ \\ १-४० \text{ ग} &= ९९९५२०८ \end{aligned}$$

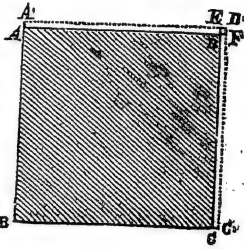
३५. क्षेत्राचा प्रसरण गुणक—लांबीच्या जागां औरस चौरस क्षेत्रजर घेतलें तरी लांबीच्या प्रसरण गुणकाचा जो अर्थ तोच क्षेत्राच्या प्रसरण गुणकाचा आहे. या-करितां लांबीच्या व क्षेत्राच्या प्रसरण गुणकांमध्ये काय संबंध आहे, एवढेंच दाख-वून एक उदाहरण करूं. गं या अक्षरांनें क्षेत्राचा प्रसरणगुणक दर्शवूं.

३६. क्षेत्राच्या प्रसरणगुणकाचा लांबीच्या प्रसरण गुणकाशी संबंध—  
हा संबंध आपण दोन रीतींनी दाखवू.

(१) आकृतीने—A B C D आकृति ०° श. वर भसलेले एक चौरस फूट क्षेत्र दर्शविते. (आ. २४ पहा) यास १° श. पर्यंत उष्ण केले म्हणजे A' B' C' D' हा त्याचा मोठा चौरस होतो. हा चौरस पूर्वीच्या क्षेत्रापेक्षा किती वाढला आहे याचा विचार करू.

जर ग हा लांबीचा प्रसरण गुणक असेल, तर  $0^\circ$  श. वर असलेली १ फूट लांबी  $1^\circ$  श. वर  $(1+g)$  फूट होईल. म्हणजे  $A A', C C', D E$ , आणि  $D F$  या छोट्या लांब्यांपैकी प्रत्येक लांबी फुटाचा लहान ग भंज आहे.

त्याचप्रमाणे  $A A' E D$  आणि  $D F C' C$  हे दोन काटकोन चौकोन १ फूट लांब आणि १ फूट रुंदीचे आहेत; म्हणजे १ चौरस फूट क्षेत्राचे किंवा  $(1 \times 1)$  चौरस फूट आहेत. यांत  $A A' E D$  हा लहान अपूर्णाक आहे.  $E D F D'$  हे क्षेत्र १ फूट लांब आणि १ फूट रुंद आहे; म्हणजे  $1 \times 1 = 1$  चौरस फूट आहे.



भातां आकृतीवरून आपणास असें दिसतें कीं, जर आपण दिशेबात  $A A' E D$  आणि  $D F C' C$  या दोनच चिरफाळ्या घेतल्या तरी बस होईल. म्हणजे क्षेत्र जें वाढलें तें २ ग चौरस फूट वाढलें असें समजतां येईल. कारण ३ चौरस फूट हें क्षेत्र ग फार लहान लहान असेल.

आकृति २४ बी.

परंतु ०°श. वर असलेल्या १ चौरस फूट क्षेत्रास १°श. पर्यंत उष्ण केंद्रें तर  
जें प्रसरण होतें तें हेंच आहे.

यांस्तव जर ग हा लांबीचा प्रसरणगुणक असेल तर क्षेत्राचा प्रसरणगुणक २ ग होईल.

(३) बीजानें— $0^{\circ}$ श. वर जी लांबी १ फूट असते तीच  $१^{\circ}$ श. वर  $(१ + ग)$  फूट होते.

म्हणून ०°श. वर असलेला १ चौरस फूट १°श. वर  $(१+ग)^२$  चौरस फूट होईल. परंतु  $(१+ग)^२ = १+२ ग+ग^२$ . ग हा फार लहान अपूर्णांक आहे. याचा वर्ग याहून फार लहान होईल; म्हणून तो हिशोबात धरिला नाही तर मो-ठीचूक होणार नाही. म्हणून आपणास भसें म्हणतां येईल कीं ०°श. वर अस-

लेलें १ चौरस फूट १°श. वर १+२ ग चौरस फूट होतो; किंवा २ ग हा क्षेत्राचा प्रसरणगुणक आहे.

३. क्षेत्राच्या प्रसरणाचें उदाहरण—पितळेच्या एका पत्र्याचें क्षेत्र २०°श. वर ४.५ चौरस मात्रा आहे. तर ३०°श. वर त्याचें क्षेत्र किती होईल? पितळेचा लांबीचा प्रसरण गुणक = ००००१८८.

लांबीच्या वाढीच्या उदाहरणाप्रमाणेंच हें उदाहरण करावयाचें आहे. गच्या ठिकाणीं गं लिहावें आणि गं=२ ग धरावे.

१-२०गं : १+३०गं :: ४.५ चौ. मा. : उत्तर,

किंवा १९९२४८ : १००११२८ :: ४.५ : उत्तर.

$$\text{उत्तर} = \frac{१००११२८ \times ४.५}{१९९२४८}$$

$$= \frac{४५०५०७६०}{१९९२४८}$$

$$= ४.५०८ \text{ चौ. मा.}$$

$$\begin{aligned} \text{ग} &= ००००१८८ \\ \therefore \text{ग} &= २ \text{ ग} = ००००३७६ \\ २०\text{गं} &= ००००७५२ \\ \therefore १-२०\text{गं} &= १९९२४८ \\ ३०\text{गं} &= ०००११२८ \\ \therefore १ + ३०\text{गं} &= १००११२८ \end{aligned}$$

### घन पदार्थाच्या प्रसरणाचा गुणक.

३८. घनप्रसरणगुणकाचा लांबीच्या प्रसरण गुणकाशी संबंध—या ठिकाणीं ही या प्रसरण गुणकाचा लांबीच्या प्रसरण गुणकाशी जो संबंध असतो तो दोन रीतींनीं दाखवूं. जरी घन प्रसरणाचा गुणक साक्षात् काढितां येतो, व त्याप्रमाणें काढितात, तरी लांबीच्या प्रसरण गुणकावरून तो काढणें जास्त सोपें आहे; आणि लांबीचा प्रसरणगुणक फारच सोप्या रीतीनें काढितां येतो.

(१) अशीच घन तुकडा घेऊन—असा घन तुकडा आपण घेऊं कीं, त्याचा प्रसृत भाग काढून मापितां येईल. तर हा प्रसृत भाग खाली दिलेल्या घनफळाच्या तुकड्याचा असतो, हें सहज दाखवितां येतें.

(१) १ फूट लांब, १ फूट रुंद आणि १ फूट जाड असे तीन चौरस तुकडे असतील; या तिहींचें घनफळ  $३ \times १ \times १ \times १ = ३ \times १$  घनफूट असेल.

(२) १ फूट लांब १ फूट रुंद आणि १ फूट जाड, असें ३ चिंचोळे तुकडे असतील; या तिहींचें घनफळ  $३ \times १ \times १ \times १ = ३ \times १$  घनफूट असेल.

(३) १ फूट लांब, १ फूट रुंद, आणि १ फूट जाड असा एक लहान घन तुकडा असेल; याचें घनफळ  $१ \times १ \times १ = १$  घनफूट असेल.

ग फार लहान असल्यामुळे त्याचे वर्ग व घन फार लहान असतात, व वर घेतलेल्या तुकड्यावरूनही असें दिसेल कीं ३ चिंचोळे तुकडे व १ घन तुकडा हे फार लहान असतात. यास्तव प्रसरण मापितांना पहिले भाग म्हणजे ज्याचें घनफळ ३ व घनफूट आहे, तेवढे घेतले कीं बस आहे.

झणून जो तुकडा ०°श वर १ घनफूट असेल तो १°श वर (१+३ ग) घनफूट होईल; किंवा

जर कोणत्याही पदार्थाचा लांबीचा प्रसरणगुणक ग समजला तर त्याच्या घनप्रसरणाचा गुणक ३ ग असेल. हा गुणक ग या अक्षरानें नेहमी दर्शवूं.

(२) बीजानें—१ घनफूट औरस चौरस पदार्थाची प्रत्येक बाजू ०°श वर १ फूट असेल तर १°श वर १ फुटाच्या जागी १+ग फूट होईल. म्हणून प्रसृत झालेल्या घनपदार्थाचें घनफळ (१+ग)<sup>३</sup> फूट किंवा १+३ग+३ग<sup>२</sup>+ग<sup>३</sup> घनफूट होईल. ग फार लहान असल्यामुळें तिसरें व चवथें हीं पदें हिशोबात भरिलीं नाहीं, तरी मोठीशी चूक होणार नाहीं. म्हणून प्रसरण ३ ग घनफूट होईल. यास्तव भरीव घननमुन्यावरून जें प्रसरण आलें तेवढेंच या रीतीनेंही आलें.

३९. घनप्रसरणाचें उदाहरण—पितळेच्या भरीव तुकड्याचें आकारमान ६.२ घन शतांश मात्रा १०°श उष्णमानावर आहे. तर ३०°श वर त्याचें आकारमान काय होईल? पितळेचा लांबीचा प्रसरणगुणक ०.००००१८८ आहे.

घ. श. मा.  
१+१०ग: १-३० ग :: ६.२ उत्तर.  
किंवा १.००००५६४:०.९९८३०८ :: ६.२:उत्तर.  
∴ उत्तर =  $\frac{६.२ \times ०.९९८३०८}{१.००००५६४}$  घ. श. मात्रा.

ग = ०.००००१८८
ग = ३ ग = ०.००००५६४
१० ग = ०.०००५६४
∴ १+१० ग = १.०००५६४
३० ग = ०.००१६९२
∴ १-३० ग = ०.९९८३०८

४०. उदाहरणें सोडवितांना ध्यानांत ठेवण्याच्या गोष्टी.—घनपदार्थाच्या आकारांत जो फेरफार होतो तो फार थोडा असतो. उष्णतेनें आकार वाढतो, व थंडीनें आकार कमी होतो. या दोन गोष्टी ध्यानांत ठेविल्या झणजे उदाहरणें सोडविण्यास सहाय्यभूत होतील, व आरंभी त्रैराशिक मांडते वेळीं एखादी ठोकळ चूक झाली तर पटकन लक्षांत येईल. भरीव किंवा पोकळ अशा घनपदार्थाच्या प्रसरणाचीं उदाहरणें करण्यास घनप्रसरणाचा गुणक घ्यावा लागतो आणि केवळ लांबी जेथे वाढते व तिजविषयीच जीं उदाहरणें असतात—उदाहरणार्थ वतुळाच्या परिघाची लांबी, गोलाचा व्यास, किंवा सरळ गजाची लांबी—तीं सोडवितांना लांबीच्या प्रसरणगुणकाचा उपयोग करावा लागतो.

४१. घनप्रसरणाचा गुणक काढण्याच्या नुसत्या रीती—लांबीच्या प्रसरणगुणकाचीं काहीं संबंध न ठेवितां घनपदार्थाच्या प्रसरणाचा गुणक काढण्यास द्रव पदार्थांच्या प्रसरणाचा गुणक कसा उपयोगी पडतो, हें द्रवांच्या प्रसरणाचा विचार केल्यावर समजेल.

४२. दाढर्ष आणि प्रसरण—विवक्षित आकारमानांत कोणत्याही पदार्थाचा जो वजनाचा भाग असेल, त्यावरून त्याचें दाढर्ष मापितात.

जेव्हां पदार्थ प्रसरण पावतात, तेव्हां त्यांमधील द्रव्यसमूह व त्यांचे वजन यांत फरक पडत नाही. परंतु त्यांचा आकार बदलतो; कारण तो पूर्वापेक्षा आकाराने मोठा किंवा लहान होतो. झणजे तेवढ्याच वजनाचा किंवा द्रव्यसमूहाचा पदार्थ जास्त किंवा कमी आकारमानाचा होतो. म्हणून ज्या प्रमाणाने त्यांचे आकारमान वाढले किंवा कमी झाले असेल, त्याच प्रमाणाने त्यांचे दाढ्ये कमी किंवा जास्त होईल.

याविषयी एक उदाहरण घेतलें झणजे वरील सिद्धांत स्पष्ट समजेल.

+४०°श वर आणि —१०°श. वर विवक्षित लोखंडाच्या तुकड्यांची जीं दाढ्ये असतील, त्यांची तुलना कर. लोखंडाचा लांबीचा प्रसरणगुणक. ००००११९८ आहे.

वरील सिद्धांतप्रमाणें:—

$$\frac{+४०^{\circ}\text{श वरचे दाढ्ये}}{-१०^{\circ}\text{श वरचे दाढ्ये}} = \frac{-१०^{\circ}\text{श वरील आकारमान}}{+४०^{\circ}\text{श वरील आकारमान}}$$

$$= \frac{१०००६४०६}{१०००११९८}$$

$$\begin{aligned} g &= ०.००००११९८ \\ g' &= ०.००००३५९४ \\ १०g &= ०.०००३५९४ \\ १-१०g &= ९९९६४०६ \\ ४०g &= ०.०१४३७६ \\ १+४०g &= १.००१४३७६ \end{aligned}$$

जर  $d_{३१}$  आणि  $d_{३२}$  हीं अक्षरे  $उ_१^{\circ}$  आणि  $उ_२^{\circ}$  या उष्णमानांवरील दाढ्ये दर्शविण्यास घेतलीं तर साधारण सारणी अशी होईल:—

$$\frac{d_{३१}}{d_{३२}} = \frac{१+उ_२g}{१+उ_१g}$$

४३. प्रसरणगुणकांचें कोष्टक—कित्येक पदार्थांचे प्रसरणगुणक खालील कोष्टकांत दिले आहेत.

१°श उष्णमानाचे लांबीचे प्रसरणगुणक.			
खोर्ने .....	००००१५५२	पित्तळ .....	००००१८७८
पोलाद (पाणी दिलेलें) .....	००००१०७९	जस्त .....	००००२९७०
रुपें .....	००००१९०९	कथील .....	००००२९७२
झाटिनम .....	०००००८८४	लोखंड (ओतीव) ...	००००१९०९
कांच (गारेची) .....	०००००८९२	लोखंड (घडीव).....	००००१९९८
तांबें .....	००००१७९७	शिसें.....	००००२९६६

निरनिराळ्या जातीचे धातूंचे तुकडे घेतले तर गुणक भिन्न असतात. यास्तव दुसऱ्या कोष्टकातील शेवटले दोन आंकडे कदाचित् भिन्न असतील, हे लक्षांत ठेवावे.

## प्रकरण २ यावरील प्रश्न व उदाहरणे.

(१) ०°चा उष्णमानावर जी वाराची (याडांची) लांबी असते ती त्याची खरी लांबी असें समजून वाराचा गज केलेला आहे. तर २०°चा उष्णमानावर कोही लांबीचें कापड त्या वारानें मोजून घेतलें तर त्यांत किती चूक होईल ?

(२) १६°चा उष्णमान असता एका मनुष्यानें याच वारानें एका मनुष्याची उंची मोजली तेव्हां ती ६ फूट भरली. दुसऱ्या मनुष्यानें १०°चा उष्णमानावर दुसऱ्या एकाची उंची मोजली ती ६ फूट उंच भरली. तर दोहोंत अधिक उंच कोण असेल ? उत्तर कारणांसह स्पष्ट करा.

(३) उष्णमान न चढता जेव्हां उतरतें, तेव्हां समतोल राखणाऱ्या तुलाचकाचें कार्य कसे घडून समतोलत्व राहतें, हें स्पष्ट करून सांगा.

(४) ब्रेक्वेट याच्या धातुद्रव्याच्या केलेल्या उष्णमापकाचा दर्शक कांटा ज्या वस्तूवर फिरतो, त्या वस्तूचे भाग पाडण्यास कसा आरंभ करावा व कसे भाग पाडावे, झणजे त्याचा उपयोग साध्या उष्णमापकाच्या जागीं करिता येईल ?

(५) मेहामच्या पाऱ्याच्या आंदोलकांत आंदोलकाचा दांडा ६ फूट लांब आहे. दांडा ज्या द्रव्याचा आहे त्याच्या १२ पट काचित असेलेला पारा प्रसरण पावतो. तर कुप्यांत पाऱ्याची उंची किती असावी ?

(६) एका जाळीच्या आंदोलकांत खालच्या बाजूस प्रसरण पावणारे एका धातूचे ३ गज आहेत; आणि वरच्या बाजूस प्रसरण पावणारे दुसऱ्या धातूचे २ गज आहेत. (१० व्या प्रश्नाची टीप पहा) दुसरी धातु पहिल्याच्या दीडपट प्रसरण पावत असेल, आणि पहिल्या धातूच्या गजांची एकंदर लांबी क्ष फूट असेल, तर दुसऱ्या धातूच्या गजांची लांबी किती असावी ? (या स्थळी प्रसरण पावणाऱ्या एकंदर लांबीचा विचार कर्तव्य आहे.)

(७) एका विवक्षित धातूचा घनप्रसरणगुणक .०००३२४ आहे. तर त्याचे लांबीचे व क्षेत्राचे प्रसरणगुणक काय असतील ?

(८) एका धातूच्या पत्र्याचा क्षेत्राचा प्रसरणगुणक .००००२३९६ निघाला तर त्याच धातूच्या गजाचा लांबीचा प्रसरणगुणक काय होईल ? व घनप्रसरणगुणक काय होईल ?

(९) एका गजाची ०°चा उष्णमानावर लांबी मोजली, ती ३.२१ मात्रा भरली. त्यास ४०°चा पर्यंत उष्ण केलें, आणि त्या वेळीं लांबी मोजली ती ३.२१२३२४ मात्रा भरली. तर त्या द्रव्याचा लांबीचा प्रसरणगुणक काय असेल ?

(१०) तांबें व पोलाद यांचे लांबीचे प्रसरणगुणक .००००१७१७ आणि .००००११४५ अनुक्रमें आहेत. तर असें दाखीव कीं जाळीच्या आंदोलकांत २ तांब्याचे व ३ पोलादी गज असतील, तर त्यांच्या यांगानें बहुतेक पूर्ण समतोलन होईल.

( या ठिकाणी व ६ व्या उदाहरणांत प्रत्येक जातीचे एकंदर गज मिळून एकच गज आहे असे समजावयाचे. )

( ११ ) एका भरीव औरस चौरस घनपदार्थाची कडा ०° सा पासून १° सा पर्यंत उष्णमान वाढविलें झणजे १ : १.०१ या प्रमाणानें प्रसरण पावते. तर या पदार्थाचा स्थूल मानानें व सूक्ष्म मानानें घनप्रसरणाचा गुणक काढ ?

( १२ ) तांब्याचा गज ०° सा वर १० फूट लांब आहे. त्यास ६०° सा पर्यंत उष्ण केलें, तर त्याची लांबी किती वाढेल ?  $ग = .००००१७$ .

( १३ ) ५०० मैल लांबीच्या आगगाडीच्या रुळाच्या लांबीत उन्हाळ्यांत व हिवाळ्यांत स्थूल मानानें काय अंतर पडेल ? दोहों ऋतूतील उष्णमानांत ३०° सा अंतर असेल. रुळाचा लांबीचा प्रसरणगुणक  $ग = .००००१२$  आहे.

( १४ ) जस्ताच्या १० याडे लांबीच्या कांबीचें उष्णमान ०° सा. पासून १००° सा पर्यंत चढविलें, तेव्हां लांबी १ इंच वाढली. तर जस्ताचा लांबीचा प्रसरणगुणक काढ.

( १५ ) एक घनयाडें लोखंडाचें ०° सा. पासून २७° सा. पर्यंत उष्णमान चढविलें, तर त्याचें प्रसरण किती होईल ?  $ग = .००००१२$ .

( १६ ) एका तांब्याच्या पत्र्याचें क्षेत्र ०° सा वर ३ चौरसफूट आहे. त्याचें उष्णमान ३००° सा पर्यंत वाढविलें, तर त्याचें क्षेत्र किती वाढेल ?  $ग = .००००१७$ .

( १७ ) एका ओतीव लोखंडाच्या कांबीची लांबी १८° सा उष्णमानावर ५ फूट आहे. तर १००° सा उष्णमानावर किती लांबी होईल ?  $ग = .००००१२५$ .

( १८ ) एका ओतीव लोखंडी पत्र्याचें क्षेत्र १०° सा वर १० चौरसफूट आहे तर २०° सा वर आणि ०° सा वर अनुक्रमें किती क्षेत्र असेल ?

लांबीचा प्रसरणगुणक  $ग = .००००१२५$ .

( १९ ) एका काचेच्या पात्राची आतील पोकळी ०° सा. वर १००० घन श्तांश मात्रा आहे: तर १००° सा वर किती असेल ? काचेचा लांबीचा प्रसरणगुणक  $ग = .०००००८८$ .

( २० ) एका पदार्थाचें १६° सा वर आकारमान १ घनफूट असेल, तर—१८° सा वर आणि +३१° सा वर अनुक्रमें किती असेल ? लांबीचा प्रसरणगुं  $ग = .००००८८$ .

( २१ ) ०° सा वर विशाचें विशिष्टगुरुत्व ( दाखी ) ११.३५ आहे, तर— १००° सा वर त्याचें विशिष्टगुरुत्व किती असेल ? घनप्रसरणगुणक  $ग = .००००८८$ .

( २२ ) कायदेशीर वार हा ६२° फा. उष्णमानावर एका विवक्षित पितळेच्या गजाचा लांबीबरोबर आहे. एका ब्राटिनमच्या गजाची लांबी ७२° फा. वर त्यानें मोजिली ती ३५.९९८ इंच भरली. १° फा. कारितां पितळ आणि ब्राटिनम यांचे प्रसरणगुणक अनुक्रमें .००००१ आणि .०००००८ आहेत. तर ब्राटिनमच्या कांबीची ६२° फा. उष्णमानावर बरोबर लांबी किती असेल ?

## प्रकरण ३.

### द्रवरूपी पदार्थांचें प्रसरण.

४४. हें प्रसरण पाहण्याची अडचण—घनपदार्थांच्या प्रसरणाप्रमाणें द्रवरूपी पदार्थांचें प्रसरण पाहणें व मापणें सोपें नाहीं, हें आपल्या एकदम लक्षांत येतें. कारण घनपदार्थांचा एक तुकडा घेऊन त्याचें प्रसरण आपणास सहज मापितां येतें परंतु त्याप्रमाणें द्रवरूपी पदार्थांचा आपणास तुकडा घेतां येत नाहीं. कोणत्या तरां भांड्यांत आपणास द्रव घेणें भाग पडतें, आणि द्रवाबरोबर भांडेंही प्रसरण पावून गोंधळ होतो.

कुपीचें प्रसरण व आकुंचन यानें त्यांनील द्रवाचें प्रसरण व आकुंचन यांचें स्वरूप भगदीं कसें बदलून जातें, हें सहज दाखवितां येतें.

प्रयोग—A हा लांब मानेचा कांचेचा चंबू रंगीत पाण्यानें भरलेला आहे. B हें त्याच्या तोंडावर बसणारें रबराचें बूच आहे, व त्यांत BC ही नळी बसविलेली आहे; व नळीस भाग पाडलेली कागदाची जाड पट्टी जोडलेली आहे. द्रवानें सर्व चंबू भरून नळीचा काहीं भाग भरलेला आहे. (आ. २५ पहा) आतां खाली लिहिल्याप्रमाणें कृति करावी:—

(१) चंबू दिव्याच्या ज्योतींत एकाएकीं भरून त्यास असें उष्ण करावें कीं, चंबू मात्र उष्ण व्हावा, परंतु द्रव उष्ण होऊं नये.

(२) नंतर चंबूस एकसारखें ज्योतीवर भरून चंबू व द्रव या दोहोंस उष्ण करावें.

(३) चंबूवर थंड पाणी मारून चंबूस मात्र शीत करावें. द्रवास करूं नये.

(४) सर्व चंबू थंड पाण्यांत बुडवून दोहोंसही शीत करावें. आकृति २५ बी.

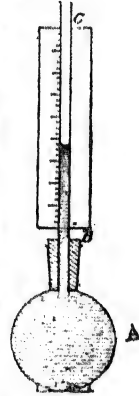
द्रवाचें प्रत्येक वेळीं नळींत चढणें व उतरणें याचें कारण सहज सांगतां येतें.

४५. दृश्य व खरें प्रसरण—द्रवाचें जें प्रसरण बरील प्रयोगांत वृष्टीस पडतें, तें त्याचें केवळ खरें प्रसरण नसतें; परंतु द्रव आणि भांडें या दोहोंच्या प्रसरणापासून जो द्रवाच्या आकारांत बाह्यात्कारी फेरफार होतो, तो मात्र दिसतो.

जर बरील प्रयोग चांगला समजला असेल तर असें स्पष्ट होईल कीं—

द्रवाचें केवळ प्रसरण = त्याचें दृश्यप्रसरण + भांड्याचें प्रसरण.

कारण भांडें प्रसरण पावल्यामुळे भांड्यांत जो जास्त अवकाश झाला, तो अवकाश द्रव प्रथम व्यापितो आणि नंतर द्रव नळींत चढतो, व तें दृश्य प्रसरण दिसतें.





४६. केवल आणि दृश्य प्रसरणगुणक—द्रवाचा केवल प्रसरणगुणक दर्शविण्यास क अक्षर घेऊं. पूर्वी व्याख्या केल्याप्रमाणें भांड्याचा प्रसरणगुणक दर्शविण्यास ग अक्षर घेऊं. आणि द्रवाचा दृश्य प्रसरणगुणक दर्शविण्यास द अक्षर घेऊं. याचा अर्थ उघड असा आहे कीं, जर आपल्या जवळ १ घनफूट अवकाशाचें भांडें ०°श उष्णमानाच्या पाण्यानें भरलेलें असेल, आणि त्यास १°श पर्यंत उष्ण केलें, तर त्यांतून १ घनफुटाचा जितका भाग पाणी बाहेर जाईल, तो अंश द या अक्षरानें दर्शविला जातो.

म्हणून हा साधा संबंध खाली लिहिल्याप्रमाणें दाखविता येतो.

$$d = k - g; \text{ किंवा } k = d + g.$$

म्हणून जर क ७ ग, तर द धन असेल, आणि जर क = ग असेल तर द शून्य असेल आणि जर क < ग तर द ऋण असेल.

याचा अर्थ असा आहे कीं भांड्याहून जर द्रव जास्त प्रसरण पावला तर तो भांड्यांतून बाहेर पडेल; भांड्या इतकाच द्रव प्रसरण पावला तर मुळीच बाहेर पडणार नाही; आणि भांड्याहून जर द्रवाचें प्रसरण कमी असेल तर द्रव उतरेल म्हणजे भांड्यांत काहीं जागा रिकामी राहील.

जर ग हा भांड्याचा लांबीचा प्रसरणगुणक दिला असेल, तर आपणास वरील सारणी अशी लिहिली पाहिजे.

$$d = k - २ ग.$$

भांड्यांतील द्रव किती बाहेर पडतो, किंवा त्या वर केलेल्या विवक्षित खुणेच्या वर किती चढतो, हें काढण्याविषयीच्या सर्व प्रश्नांत भांड्यांतील द्रवाचें दृश्य प्रसरण मात्र आपण काढीत असतो; आणि साधारण घनप्रसरणाच्या उदाहरणाप्रमाणेंच याचाही उदाहरणें आपणांस करता येतात. मात्र द्रवाच्या दृश्य प्रसरणगुणकाचा उपयोग करावा लागतो. भांड्याचें प्रसरण व द्रवाचें प्रसरण अशीं दोन्ही वेगळीं वेगळीं काढून, त्यांची वजावाकीं करणें हें वास्तविक बरोबर आहे. परंतु हें जास्त त्रासदायक आहे. कारण अशा रीतीनें क—ग किंवा द यांच्या बदला क आणि ग यांचे वेगळे उपयोग करावे लागतील.

४७. दृश्य प्रसरणाची उदाहरणें—दृश्य प्रसरणाची काहीं उदाहरणें आपण सोडवूं.

(१) एका द्रवाचा केवल प्रसरणगुणक ०००१२८ आहे, असें माहीत आहे. एका प्रकारच्या कांचेचा लांबीचा प्रसरणगुणक ००००११२३ आहे. या कांचेच्या भांड्यांत असलेल्या या द्रवाचा दृश्यप्रसरण गुणक काय असेल?

$$उ. d = k - २ ग$$

$$= ०००१२८ - ००००३३६९ = ००००९४३१.$$

(२) एक ३ लिटर अवकाशाचें कांचेचें भांडें ०°श उष्णमानाच्या द्रवानें भरवीं भरलें आहे. तें भांडें ज्या खोलीचें उष्णमान २०°श आहे अशा खोलीत

ठेविलें तर किती द्रव बाहेर वाहून जाईल? आणि याचा आकार  $15^{\circ}$  उष्णमानावर किती होईल? कचिचा घनप्रसरणगुणक  $0.0002791$  आणि द्रवाचा  $0.00176$  आहेत.

पहिलें उत्तर काढते वेळीं दृश्य प्रसरणच घेतलें पाहिजे. झणून

१ : २० द. : : ३ लि. : उत्तर. २० द. हें एक लिटरचें प्रसरण होईल. आतां  
 $v = k - g = 0.00176 - 0.0002791 = 0.0014809$  झणून  $20 द. = 0.029618$ .

झणून १ :  $0.029618$  लि. : : ३ लिटर : उत्तर.

∴ उत्तर  $= 0.094038$  लिटर.

दुसरें उत्तर काढण्यास द्रवाचें केवळ प्रसरण घेतलें पाहिजे. या स्थळीं  $20^{\circ}$  शर किती द्रव बाहेर वाहून जाईल, हें काढल्यावर त्या द्रवाचें आकारमान  $15^{\circ}$  शर किती असेल हें काढणें आहे.

∴  $1 + 20$  क. :  $1 + 15$  क. : :  $0.094038$  लि. उत्तर.

किंवा  $1.00279 : 1.00279 :: 0.094038$  : उत्तर.

∴ उत्तर  $= \frac{0.094038 \times 1.00279}{1.00279}$

इत्यादि.

क	$= 0.00176$
२० क	$= 0.02792$
$1 + 20$ क	$= 1.002792$
$15$ क	$= 0.0279$
$1 + 15$ क	$= 1.00279$

४८. \*पाण्याचें सार्धें उष्णमापक—साध्या उष्णमापकांत काचिमध्ये पारा प्रसरण पावतो. उष्णमापक हें त्याच्या कुण्यापासून थिजण्याच्या बिंदूपर्यंत  $0^{\circ}$  शर उष्णमानाच्या पाण्यानें भरलेलें भांडें आहे, असें आपणास म्हणतां येईल. जेव्हां त्यास आपण उष्ण करूं, तेव्हां काहीं पारा थिजण्याच्या बिंदूच्यावर चढेल आणि जेव्हां शीत करूं, तेव्हां थिजण्याच्या बिंदूखालीं पारा उतरेल, व त्या बिंदूखालीं काहीं जागा रिकामी होईल. नेहमीं दृश्य प्रसरण व आकुंचन यांनींच उष्णमान दर्शवितात.

उष्णमापकाविषयीं आणखीं एक गोष्ट लक्षांत ठेविली पाहिजे. कारण तेणेंकरून उष्णमापकावरील अंश पाहून जें उष्णमान प्रत्यक्ष आपणास समजतें, तें वास्तवीक काय आहे, हें स्पष्ट समजेल. उष्णमान वाढलें म्हणजे उष्णमापकांतील पारा काहीं अंश चढत जातो. परंतु या स्थळीं अंशही प्रसरण पावत असतात; म्हणून  $10^{\circ}$  शर पासून  $20^{\circ}$  शर पर्यंत उष्णमान दर्शविण्यास जितका पारा लागतो, त्याहून  $50^{\circ}$  शर पासून  $60^{\circ}$  शर पर्यंत चढलेलें उष्णमान दर्शविण्यास जास्त पारा लागतो.  $20^{\circ}$  शर उष्णमानावर  $10^{\circ}$  शर ची जितकी पोकळी असते, त्याहून  $60^{\circ}$  शर उष्णमानावर तितक्या अंशांची पोकळी जास्त असते.

तथापि व्यवहारांत सर्वे उष्णमानावर अंश सारख्याच आकारमानाचे असतात,

\* प्रकरण ३ याची पुरवणी ड पहा.

असे आपण समजतो. कारण  $0^{\circ}$  श पासून  $1^{\circ}$  श पर्यंत उष्णमान चढल्यास अंशांची  $\frac{100,000}{100,000}$  किंवा  $\frac{1}{100,000}$  वा भाग मात्र एक अंश प्रसरण पावेल. म्हणून अंशाचे प्रसरण फारच थोडे असते.  $\frac{1}{10}$  हून लहान अंशाचे भाग आपण उष्णमापकाचे क्वचितच मोजतो. म्हणून या प्रसरणाचा मुळीच विचार केला नाही, तरी हरकत नाही हे स्पष्ट आहे.

४९. गुरुत्व उष्णमापक—दुसऱ्या एका प्रकारचे उष्णमापक असते, त्याची रचना आता आपणास समजेल. याचे कार्य पाण्याच्या साध्या उष्णमापकासारखेच होते. परंतु थिजण्याच्या बिंदूपाशी जणू काय हे उष्णमापक कापलेले असून, जेव्हा उष्णमान चढते तेव्हा जो पारा बाहेर पडतो, तो गोळा करून त्याचे वजन आपण करितो; आणि  $100^{\circ}$  श पर्यंत उष्णमान चढविले असता जो पारा बाहेर पडतो, त्या पाण्याशी याची तुलना करितो.

मोठ्या भोंकाच्या व साधारण पातळ काचेच्या नळीच्या तुकड्याचे हे उष्णमापक केलेले असते. या नळीचे एक तोंड बंद करून गोल करितात; दुसरे तोंड बारीक करून लांब ओढितात, व तो बारीक भाग (आ. २६ पहा) आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे A C D आकाराचा वाकवितान. D हे तोंड अति सूक्ष्म अशा बिंदूसारखे असते.

नंतर उष्णमापकाच्या नळीत ह्याप्रमाणे पारा भरतात, त्या प्रमाणेच जपून यात पारा भरतात. उष्णमापकाच्या नळीच्या वरच्या तोंडाजवळ हवा नळीत जाऊ नये म्हणून जो फुगा केला होता (पृ. ७ पहा) तसा फुगा न करिता नळीचे D तोंड E F या लहान भोंक्यातील आ. २६ वी. पाण्यात बुडवितात. म्हणून नळीतील हवा बाहेर घालविली, म्हणजे पाण्याशिवाय दुसरे कोही आत जाऊ शकत नाही.

नळी भरली म्हणजे साध्या उष्णमापकावरील स्थिर बिंदु काढण्याकरिता जी कृति आपण करितो, त्या सारखीच कृति आपणास येथे करावी लागते. म्हणजे  $0^{\circ}$  श. उष्णमानावर आणि  $100^{\circ}$  श उष्णमानावर या नळीत पारा किती वजनाचा राहतो, हे काढावे लागते.

याकरिता तोंड पाण्यात बुडते ठेवून सर्व उष्णमापकासभोवती वितळणारे बर्फ ठेवतो.

याप्रमाणे  $0^{\circ}$  श उष्णमानावर उष्णमापक भरले म्हणजे E F भोंक्यातील पारा ओतून त्यास रिकामे करितो.

आता उष्णमापकास वर्फातून काढून त्याचे, E F भोंक्याचे, उष्णमापकातील पाण्याचे, आणि E F भोंक्यात जो पारा आता बाहेर आला असेल त्याचे वजन करितो.

या सर्व वजनांतून रिकाम्या उष्णमापकाचे व रिकाम्या E F भोंक्याचे अशी पूर्वी काढलेली वजने वजा केली म्हणजे बाकीचे वजन  $0^{\circ}$  श उष्णमानावर उष्णमापकात जो पारा राहतो त्याचे वजन होईल.

नंतर उष्णमापकाचें उष्णमान  $१००^{\circ}$  हा होईपर्यंत त्यास उष्ण करितों, आणि जो पारा बाहेर पडेल त्याचेंही वजन करितों. आतां जर दुसरें कोणतेंही उष्णमान पा-  
हावयाचें असेल, तर  $०^{\circ}$  हा उष्णमानापासून माहीत नसलेल्या  $०^{\circ}$  उष्णमानापर्यंत  
उष्णमान वाढविल्यानें किती पारा बाहेर जातो त्याचें वजन आपणास काढितां येतें.

वरील काढलेल्या वजनांवरून योग्य सारणीचा उपयोग करून हें उष्णमान  
काढितां येतें. गुरुत्वउष्णमापकाविषयी आतां येथें जास्त सांगत नाहीं. येथें एव-  
ढेंच सांगणें बस आहे कीं, साधें उष्णमापक व गुरुत्वउष्णमापक चांगलीं केलेलीं अ-  
सलीं तर दोहोंपासून सारखींच उष्णमानें समजतात. (पुरवणी पहा).

### भांड्याचें प्रसरण मनांत न आणितां पाण्याचा केवल प्रसरणगुणक काढण्याची रेनॉल्टची रीति.

५०. उपोद्घात—भांड्याचें प्रसरण व द्रवाचें प्रसरण यांचा परस्पर क्रिती  
निकट संबंध आहे, हें पूर्णपणें दाखविलें. भांड्याचें प्रसरण माहीत नसतां द्रवाचें के-  
वल किंवा वास्तविक प्रसरण काढण्याची जी एक रीति आहे, तिजविषयी आतां  
विचार करूं.

परंतु ही रीति समजण्यास द्रवांच्या धर्माविषयी थोडेंसे ज्ञान असावें लागतें. म्ह-  
णून जलस्थितिशास्त्राची म्हणजे प्रवाही शास्त्राची कांहीं मूलतत्वे प्रथमतः सांगूं.  
आपणास असें आढळेल कीं, समतोलत्वाविषयी द्रवांच्या भागांनीं असे कांहीं विशेष धर्म  
आहेत कीं, ज्या भांड्यात द्रव असतात, त्यांच्या आकाराशीं त्या धर्मांचा कांहीं संबंध  
नसतो; भांड्याचें प्रसरण मनांत न आणितां द्रवाचें प्रसरण कसें काढावें, हा प्रस्तुतचा  
प्रश्न त्या धर्मावरून सोडवितां येतो.

५१. पाणी आपल्या पानसळींत राहतें—द्रवाविषयी हा जो सर्व प्रसिद्ध सिद्धांत  
आहे, त्याचा अर्थ काय याचा प्रथम विचार करूं. या सिद्धांताची शिरोभागीं लिहि-  
ल्याप्रमाणें नेहमीं व्याख्या करितात. परंतु त्यावरून त्याचें बरोबर स्वरूप लक्षांत  
येत नाही. “पाणी नेहमीं आपल्या पानसळींत राहतें,” यांतील पानसळ याचा  
अर्थ काय?

याचीं कांहीं उदाहरणें घेऊन पानसळीविषयीची कल्पना स्पष्ट करितां येईल. श-  
हरापासून दूर अंतरावर मोठा तलाव करून त्यांतील पाणी नळांनीं शहरांत आणिलें  
असेल, तर आपल्या घरांतील नळांत किती उंच पाणी चढवें? सर्वांस हें माहीत  
आहे कीं, तळ्यांतील पाण्याच्या पानसळीइतकें नळांत पाणी चढतें. त्याहून उंच  
चढत नाही, व कमीही चढत नाही. नळाच्या मानानें तळ्याचा फार मोठा आकार  
असतो, तरी त्यामुळे कांहीं अंतर पडत नाही. यासारखीं दुसरींही उदाहरणें देतां  
येतील. परंतु हें एकच उदाहरण हा सिद्धांत समजण्यास बस होईल. याच्या कार-  
णाविषयी येथें आपण विचार करणार नाहीं, परंतु याचा खरेपणा प्रत्यक्ष प्रयो-  
गानें आपणास सिद्ध करून दाखवितां येईल.

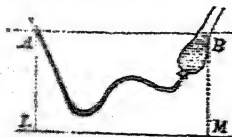
सर्वत्र समान अशा साड्यांचा पाणी किंवा दुसरा कोणताही द्रव एकमेकांत खेळेल अशा एकमेकांशी जोडलेल्या कोणत्याही आकाराच्या अनेक भांड्यांत घातला, तर तो सर्व भांड्यांत सारख्या उंचीवर राहील.

जेव्हा द्रवांनी आच्छादिलेली क्षेत्रे लहान असून तशा लहान क्षेत्राविषयीच विचार करू, तेव्हा क्षितिजपातळीशी समांतर अशा द्रवाच्या पृष्ठभागावर लंबोत्तर अशा सारख्या उंचीवर असा अर्थ सारख्या उंचीचा समजावयाचा आहे. वास्तविक झणजे द्रवांचे पृष्ठभाग पृथ्वीच्या मध्यापासून सारख्या अंतरावर असतात. सागरासारख्या मोठ्या पृष्ठभागाविषयी विचार करिताना मात्र त्याच्या पृष्ठभागाचे अंतर भूमध्यापासून मापावे लागते.

टीप—अगदी लहान भांडे झणजे निदान १ इंच रुंदीचे असतें, असे नेहमी समजू. याहून अरुंद तोंडाची भांडी घेतली तर त्यांत केशाकर्षणाचे कार्य घडून वरील नियमास अपवादक होतें. जेव्हा द्रवाने भांडे भिजतें किंवा द्रव भांड्यास चिकटतो (पाणी चिकटतें, किंवा लागतें त्याप्रमाणे) तेव्हा पुढील परिणाम दृष्टीस पडतात. अगदी बारीक भोंकाच्या नळ्या किंवा अगदी जवळ असलेले दोन कांचेचे पत्रे पाण्यांत बुडविले तर नळीत व कांचेच्या पत्र्यांमध्ये पाणी भांड्यांतील पृष्ठभागावर चढेल. हें चढण्याचे मान भिन्न भिन्न असेल. अगदी केंसासारख्या बारीक भोंकाच्या नळीत पाणी फार उंच चढेल. याकरितां जर दोन बारीक भोंकाच्या नळ्यांस परस्पर जोडिले, व त्यांपैकी एक दुसरीपेक्षा बारीक असली, तर दोहों नळ्यांत पाणी सारख्या उंचीवर असणार नाही. अधिक बारीक नळीत जास्त उंचीवर चढेल. परंतु जो द्रव भांड्यास चिकटत नसेल, किंवा लागत नसेल, (उदाहरणार्थ पारा कांचेस लागत नाही.) तो द्रव भांड्यांतील द्रवाच्या पृष्ठभागापेक्षा नळीत खाली राहतो, व जशी नळी अधिक बारीक असेल, त्याप्रमाणे तो जास्त खाली जातो. झणून जर दोन बारीक पण भिन्न भिन्न पोकळीच्या नळ्यांस जोडिले व त्यांत पारा भरिला, तर अधिक बारीक भोंकाच्या नळीत पारा जास्त खोल जाईल.

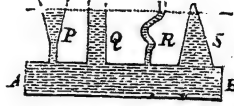
ज्या नळ्यांची भोंके १ इंचाहून जास्त मोठी असतात, त्यांत जे केशाकर्षणाचे कार्य घडतें, ते फार थोडे असतें, व ते मनांत न आणिले तरी चालतें. म्हणून आपली नळी वरील प्रयोगांत १ इंचाहून कमी व्यासाची असू नये.

प्रयोग—(१) दिव्याच्या रुंद चिमणीस कांचेची बारीक नळी रबराच्या नळीने जोडली, व तीत पाणी ओतले, आणि टेबलाच्या पृष्ठभागावर दोहोंचीं तोंडे वर करून ठेविल्यास दोहोंत सारख्या उंचीवर पाणी राहील. (आकृति २७ पहा).



आकृति २७ ची. आकृति A B आणि L M या क्षितिज पातळीशी समांतर अशा रेषा आहेत. तर A L आणि B M यांच्या उंचा समान असतील.

( २ ) A B या पेटीच्या झांकणावर P, Q, R, S या अनेक आकाराच्या नळ्या मळसूत्रानें गच्च बसविल्या, व पाणी बाहेर न पडण्या जोगें झांकण गच्च असलें, तर त्यांत पाणी ओतल्यास सवें नळ्यांत पाणी सारख्या उंचीवर राहील. ( आकृति २८ पहा. )

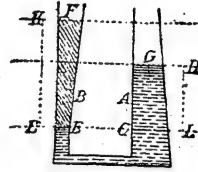


आकृति २८ वी.

एकमेकांस जोडलेल्या भांड्यांत पाणी समतोल कसें राहते, याविषयीं द्रवांचा एक साधा धर्म आपणास समजला. यांतील मुख्य तत्त्व हें लक्षांत ठेविलें पाहिजे कीं, भांड्याचा आकार कसाही असला तरी द्रवाची उंची सारखी असते. म्हणजे उंचीचा भांड्याच्या आकाराशीं संबंध नसतो.

याहून साधा असा एक प्रयोग करूं. यावरून पाण्याचा केवळ प्रसरणगुणक काढण्यास रेनॉल्ट यानें जे प्रयोग केले, त्यांत ज्या रीतीचा उपयोग त्यानें केला होता, ती रीति समजण्यास जास्त सहाय्य होईल.

५२. एकमेकांस जोडलेल्या भांड्यांत भिन्न भिन्न द्रव्यांच्या द्रवांचें समतोलन—A, B हीं दोन भांडी हव्याच्या आकाराचीं आहेत. यांचीं बुडें एका नळीनें परस्परांस जोडलीं आहेत. यांत जास्त दाढ्यांचा म्हणजे जड द्रव प्रथमतः ओतूं. तो दोहों भांड्यांत सारख्या उंचीवर चढेल. नंतर हलका द्रव B भांड्यांत ओतूं. \*तो जड द्रवावर राहील, आणि अखेरीस आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें कांहीं-सें त्याचें समतोलन होईल. ( आकृति २९ पहा ).



आकृति २९ वी.

आतां द्रवांचीं दाढ्यें व त्यांच्या. निरनिराळ्या उंच्या यांमध्ये काय संबंध असतो, याविषयींचा नियम समजण्याची आपणास अपेक्षा आहे. प्रयोगद्वारा हा सिद्धांत समजण्याची जी रीति आहे, तिजविषयीं मात्र या पुस्तकांत विचार केला आहे.

मागील कलमांत जें सांगितलें आहे त्यावरून आपण पाहिलें कीं, द्रवांचें समतोलन क्षितिजपातळीवर ज्या त्यांच्या उंच्या असतील त्यांवर अवलंबून असतें.

ज्या E बिंदुस्थळीं दोन्ही द्रव मिळतात, त्या बिंदूतून व F आणि G हीं जीं हलक्या व जड द्रवांच्या स्तंभांचीं शिखरें त्यांतून L' E L, KF, आणि GH, क्षितिज पातळीशीं समांतर अशा रेषा काढल्या.

मागील कलमावरून हें आपणास माहीत आहे कीं, L' L पातळीखालचा द्रव समतोल आहे. यास्तव याचा विचार करण्याची आपणास जरूरी नाही.

EF आणि CG या स्तंभांचा विचार करण्यास आपणास त्याच्या लंबोत्तर उंच्या KL व HL मापिल्या पाहिजेत, हें उघड आहे.

A आणि B या भिन्न भिन्न आकारांच्या कोणत्याही भांड्यांत हेच द्रव घातले आणि त्यांच्या उंच्या मोजल्या, तर नेहमीं तेच द्रव असल्यास  $\frac{KL}{HL}$  हें प्रमाण त्यांच्या उंच्यांमध्ये नित्य असतें, असें आढळेल.

आणखी आपणास असे समजेल की,

$$\frac{KL}{HL} = \frac{A \text{ भांड्यातील द्रवाचे दाबे.}}{B \text{ भांड्यातील द्रवाचे दाबे.}}$$

किंवा.

साधारण पातळीवरील B मधील द्रवाची उंची  $\frac{A \text{ मधील द्रवाचे दाबे.}}{B \text{ भांड्यातील द्रवाचे दाबे.}}$

साधारण पातळीवरील A मधील द्रवाची उंची  $\frac{B \text{ भांड्यातील द्रवाचे दाबे.}}{A \text{ मधील द्रवाचे दाबे.}}$

प्रयोगावरून हा जो नियम निघाला, तो खाली आहे त्याप्रमाणे लिहिल्यास सहज ध्यानांत येईल.

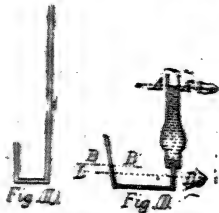
“ एकमेकांस जोडलेल्या अशा भांड्यांत भिन्न भिन्न द्रव्यांचे द्रव समतोल असले, तर साधारण पातळीवरील प्रत्येकाची उंची त्याच्या हलकेंपणाच्या प्रमाणांत असते; किंवा ती त्याच्या दाबाच्या व्युत्क्रम प्रमाणांत असते. ”

या नियमाचा भांड्याच्या आकाराशी कोणताही संबंध नसतो; म्हणजे द्रवाच्या उंचीचा भांड्याच्या आकाराशी काही संबंध नसतो; हे चांगले लक्षांत ठेविले पाहिजे.

टीप—या पुस्तकांत उष्णताशास्त्राची केवळ मूलतत्वे सांगण्याचा उद्देश असल्यामुळे द्रवांच्या समतोलनाविषयी केवळ प्रयोगावरून जे नियम निघाले, तेवढेच सांगितले आहेत. यांच्या उपपत्तीवरून यांचे स्पष्टीकरण करितां येतें, व द्रवांच्या उंचायाही सांगतां येतात. परंतु ती उपपत्ति सांगणे या पुस्तकाच्या उद्देशाच्या बाहेरील गोष्ट आहे, यास्तव सांगितली नाही.

प्रयोग—या सिद्धांताचा खरेपणा दाखविण्यास अनेक प्रयोग करितां येतात. त्यांपैकी येथे एक प्रयोग देतों.

बाजूच्या पहिल्या आकृतींत



(आ. ३० पहा.) दिव्यावरची चिमणी एका लहान बारीक भोंकाच्या नळीस जोडलेली दाखविली आहे. यांत प्रथम थोडा पारा ओतावा, आणि नंतर जास्त उंच असलेल्या भांड्यांत म्हणजे चिमणीत पाणी ओतवि.

यांच्या साधारण पातळीतून, पाण्याच्या पुष्ठभागांतून व पाण्याच्या पुष्ठभागांतून LL', BB', आणि AA' या क्षितिजपातळीशी समांतर अशा रेषा काढाव्या. नंतर BB' आणि LL' यांमधील आणि AA' आणि LL' यांमधील अंतरें मोजावी. पहिले अ-

आकृति ३० वी.

तर उ या अक्षरानें व दुसरे अंतर उ' या अक्षरानें दर्शवूं.

तर वरील सिद्धांत खरा असल्यास या दोहोंमध्ये असा संबंध असला पाहिजे.

$$\frac{u}{u'} = \frac{\text{पाण्याचे दाबे}}{\text{पाण्याचे दाबे}}$$

या ठिकाणी  $\frac{u}{u'} = \frac{1}{2}$  हे प्रमाण स्थूल मानानें असतें असे आढळेल.

हाच प्रयोग दुसऱ्या आकृतींत दाखविल्या सारख्या एका वांकविलेल्या बारीक नळींत करून या नियमाची सत्यता पाह्यावी. ( भा० ३१ पाहा. )

तर त्यांतही  $\frac{V}{V_0} = \frac{r_1}{r_2}$  हेंच प्रमाण आहे, असे अनुभवाने येईल.

दुसऱ्या रीतीनें दोहोचीं दाढीं मापिल्यावरून आपणास माहीत आहे, कीं,

$$\frac{\text{पाण्याचें दाढीं}}{\text{पाण्याचें दाढीं}} = \frac{r_1}{r_2} \text{ ( स्थूलमानानें )}$$

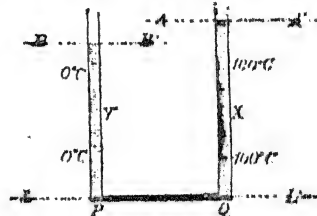
यास्तव या रीतीनें द्रवाच्या दाढींची तुलना केली तर त्यांचा भौज्याच्या आकाराशीं कांहीं संबंध नसून सिद्धांत खरा आहे, असें या प्रयोगावरूनही स्थापित झालें.

५३. प्रसरण मापण्यास याचा उपयोग—दोन भिन्न द्रव न घेतां परस्परानें जोडलेल्या भज्या दोन भौज्यांपैकीं एका भौज्यांत थंड द्रव घेतला व दुसऱ्यांत उष्ण घेतला तर त्यांच्याही दाढींची आपणास तुलना करितां येईल, हें उघड आहे. भौज्याचें प्रसरण होऊन त्याचा आकार वाढला तरी त्यामुळें त्याच्या उंचावरून वरील रीतीनें त्याच्या दाढींची तुलना करण्यास कांहीं अडचण येणार नाहीं.

ज्या मानानें द्रव प्रसरण पावतो, त्या मानानें त्याचें दाढीं कमी होतें. म्हणून वास्तविक दाढीं मोजतांना द्रव किती प्रसरण पावला आहे, हेंच आपण मापितो.

पाण्याचा केवळ प्रसरणगुणक काढण्याची श्री रेझाल्टची रीति तिनें हेंच तत्त्व आहे. या प्रयोगाचें याहून अधिक स्पष्ट रीतीनें आपण वर्णन करूं.

X आणि Y या दोन नळ्या केशाकृति बारीक भौज्याच्या आडव्या P Q नळीनें जोडलेल्या आहेत. आपण असें समजूं कीं X आणि Y या नळ्या लंब आहेत, व P Q केशाकृति नळी आडवी क्षितिज पातळीशीं समांतर आहे. X नळीच्या समोवतीं एक पन्नाचें पंनपात्र गच्च बसवून व त्यांत पाण्याची वाफ सोडून तिनें उष्णमान १००°श. ठेवूं; आणि Y नळीच्या समोवतीं असेंच एक पंनपात्र बसवून त्यांत बर्फाचा चुरा भरून तिनें उष्णमान ०°श. ठेवूं. ( भा. ३१ पाहा. )



आकृति ३१ बी.

नंतर L L या साधारण पातळीवरील X नळीतील उष्ण पाण्याच्या AA' पृष्ठभागाची उंची उ मोजूं. व त्याचप्रमाणें L L' पातळीवरील Y नळीतील थंड पाण्याच्या BB' पृष्ठभागाची उंची उ मोजूं. तर—

$$\frac{u}{v} = \frac{0^\circ \text{श. वरील Y मधील पाण्याचें दाढीं}}{100^\circ \text{श. वरील X मधील पाण्याचें दाढीं}}$$

$$\frac{u}{v} = \frac{0^\circ \text{श. वरील Y मधील पाण्याचें दाढीं}}{100^\circ \text{श. वरील X मधील पाण्याचें दाढीं}}$$

परंतु जर या हा पाण्याचा केवळ प्रसरणगुणक आहे, असें कल्पिलें, तर ०°श.



उष्णमानाच्या १ घनइंच पाण्याचे १००°श. पर्यंत उष्णमान चढविले तर त्याचा आकार (१+१०० ग) घनइंच होईल.

यानेच X मधील उष्ण पाण्याच्या दादग्याच्या (१+१०० ग) पट Y मधील थंड पाण्याचे दादग्ये भसेल,

$$\therefore \frac{Y \text{ मधील पाण्याचे दादग्ये}}{X \text{ मधील पाण्याचे दादग्ये}} = \frac{१+१०० \text{ ग}}{१}$$

$$\therefore \frac{उ}{उ} = \frac{१+१०० \text{ ग}}{१}$$

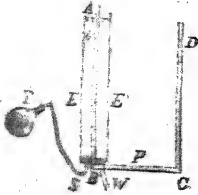
$$\text{किंवा } \frac{उ-उ}{उ} = \frac{१०० \text{ ग}}{१}$$

$$१०० \text{ ग} = \frac{उ-उ}{उ}$$

$$\therefore \text{ग} = \frac{उ-उ}{१००उ}$$

यावरून भांड्याच्या प्रसरणाचा विचार न करितां उ आणि उ या उंचा मात्र मोडून आपणास पाण्याचा केवळ प्रसरणगुणक काढितां येतो.

प्रयोग—पुढील प्रयोगावरून रेगनाल्डची वांकड्या नळीनें द्रवरूपी पदार्थाचा केवळ प्रसरणगुणक काढण्याची रीति साधारण मानांनें लक्षांत येईल. A B C D ही एक काटकोनाकार वांकविलेली नळी आहे. तिजमध्ये टरपेटाइनचा बर्फ थोडासा ओतला आहे. हा द्रव फार प्रसरण पावणारा असून त्याचा कढण्याचा बिंदुही पाण्याइतून जास्त आहे. म्हणून आपल्या प्रयोगास हा योग्य पदार्थ आहे. (आकृति ३२ पहा.)



आकृति ३२ वी.

B C हा आडवा भाग केशाकृति नाहीं; तथापि कपमाच्या रुबाच्या गोळ्या त्या ठिकाणीं सोडून उष्ण व थंड द्रव मिसळूं नये, परंतु तेही नळ्यातील द्रवाच्या स्तंभाचे समतोलन नाहीं, अशी योजना केलेली आहे.

E E ही एक थोरली काचेची नळी असून वांकड्या नळीच्या A B भागासभों-वनी पुढाच्या योगानें बसविली आहे.

T हे कढ्या पाण्याचे भांडे आहे, व त्यांतून वाफ E E नळींत S या नळीनें शिरून A B भागा सभोंवतीं खेळून त्याचे उष्णमान १००°श. वर चढवीत आहे.

जेथे वाफ थिबून जें पाणी होतें, तें W नळीनें बाहेर जातें, व थोरल्या नळीच्या माथ्यावरील O या भोंकानून वाफ वर जात आहे.

जेव्हा A B नळीस वाफनें आपण उष्ण करितों, तेव्हां तिजमधील टरपेटाइनचा

स्तंभ अधिक उंच होतो, व यावरून तिजमधील द्रव हलका होतो, व C D मधील थंड द्रवाच्या स्तंभास तोंडून भरण्यास अधिक उंचीचा स्तंभ लागतो, असें दिसतें.

५४. पाण्याचें केवळ किंवा वास्तविक प्रसरण समजल्यापासून फाखटे— वरील रीतीनें हा एका विशेष द्रवाचा केवळप्रसरणगुणक काढतां आला; येवढेंच नाही तर यापासून आपणही विशेष उपयोग झाला आहे. कारण आपणास माहीत आहे की:—

भांड्यांतील द्रवाचें दृश्यप्रसरण = द्रवाचें केवळ प्रसरण — भांड्याचें प्रसरण.

यास्तव आतां आपणास भांड्याचें प्रसरण काढितां येईल. कारण आतां आपणास पाण्याचें केवळप्रसरण समजलें आहे; झणून भांड्यांतील पाण्याचें दृश्य प्रसरण पाहून हें प्रसरण काढतां येतें.

५५. वरील सिद्धांताचा अधिक सूक्ष्म विचार—रेग्नाल्टच्या, वरील रीतीनें काढलेला पाण्याचा प्रसरणगुणक क या अक्षराचें दर्शवूं.

०° श. उष्णमानावर ज्याचें आकारमान आ<sub>०</sub> आहे, अशा एका भांड्यांत आपण पारा भरूं, आणि त्यास उष्ण करून त्यानें उष्णमान १००° श. पर्यंत नाडवूं. आतां भांड्याचें आकारमान आ<sub>१००</sub> होईल, आणि पाण्याचें आकारमान आ<sub>१००</sub> होईल. झणून आ<sub>१००</sub> — आ<sub>१००</sub> = थ<sub>१००</sub>. इतक्या आकारमानाचा पारा बाहेर वाहून जाईल. व त्याचें हें आकारमान १००° श. उष्णमानावर असेल.

वरच्या सारख्याच पारभाषेचा उपयोग करून गें हा भांड्याचा घनप्रसरणगुणक समजला तर पुढील समीकरण सांढतां येईल.

$$\text{थ}_{१००} = \text{आ}_० \times १००\text{इ} - \text{आ}_० \times १०० \text{ (क—गं)}$$

$$\text{झणून (क—गं)} = \frac{\text{थ}_{१००}}{१००\text{आ}_०}$$

$$\text{आणि गें} = \text{क} - \frac{\text{थ}_{१००}}{१००\text{आ}_०}$$

यावरून ग याची किंमत निघेल. कारण आकी दुसऱ्या अक्षराच्या किमती माहीत आहेत.

नंतर ज्या दुसऱ्या एखाद्या द्रवाचा क्ष हा केवळप्रसरणगुणक काढणें असेल, तो द्रव घडून यानप्रमाणें करतें.

१००° श. उष्णमानावर जो द्रव बाहेर वाहून जाईल त्याचें थ<sub>१००</sub> आकारमान यापासून, झणजे खालील समीकरण निघेल.

$$\text{क्ष—गें} = \frac{\text{थ}_{१००}}{१००\text{आ}_०} - \frac{\text{थ}_{१००}}{१००\text{आ}_०}$$

$$\therefore \text{क्ष—गें} + \frac{\text{थ}_{१००}}{१००\text{आ}_०}$$

यावरून क्ष हा केवळप्रसरणगुणक आपणास समजेल.

टीप—नेहमी  $१००^{\circ}\text{श.}$  उष्णमान होईपर्यंत, किंवा  $०^{\circ}\text{श.}$  पासूनच उष्ण केले पाहिजे असे नाही. उदाहरणार्थ जर आपण  $२०^{\circ}\text{श.}$  पासून  $६०^{\circ}\text{श.}$  पर्यंत उष्णमान चढविले असता समीकरणांत जे फेरफार केले पाहिजेत, ते प्रकरण २ यांतील कलम ३४ आणि ३९ यांवरून सहज लक्षांत येणार आहेत.

५६. कित्येक द्रवांच्या केवलप्रसरणगुणकांचें कोष्टक—खालील कोष्टकांत काहीं द्रवांचे केवलप्रसरणगुणक दिले आहेत.

१ $^{\circ}\text{श.}$ उष्णमानाचे केवलप्रसरणगुणक (स्थूलमानानें).			
{ पाणी ..... ( $०^{\circ}\text{श.}$ व $१००^{\circ}\text{श.}$ या मध्ये)	.०००१८१९	आल्कोहोल .....	.००१०४९.
		सल्फ्युरिक इथर .....	.००१५१३.
पारा .....	.०००१७९९	कार्बान डायसल्फाइड.	.००११४०.

अशी साधारण गोष्ट आहे कीं, घनपदार्थांपेक्षा द्रव पदार्थ जास्त प्रसरण पावतात, आणि ज्या उष्णमानापासून प्रसरणगुणक मापण्यास आपण आरंभ करितों, तें उष्णमान व्याप्रमाणें मोठें असेल; त्याप्रमाणें द्रवांचा प्रसरणगुणक मोठा असतो. बरील कोष्टकांत  $०^{\circ}\text{श.}$  पासून  $१^{\circ}\text{श.}$  पर्यंत जें प्रसरण होतें, तें दिलेलें आहे. फक्त पाण्याचें मात्र  $०^{\circ}\text{श.}$  आणि  $१००^{\circ}\text{श.}$  यांमधील सरासरी प्रसरण दिलें आहे.

५७. विशिष्टगुरुत्वानें द्रवांचा केवलप्रसरणगुणक काढण्याची रीति—द्रवांचा केवलप्रसरणगुणक काढण्याची दुसरी एक रीति आहे. प्रथमतः या रीतीचे साधारण वर्णन करूं, व नंतर फार सूक्ष्म वर्णन करूं. कोणत्याही आकारमानाच्या पदार्थाच्या वजनास तेवढ्याच आकारमानाच्या पाण्याच्या वजनानें भागून जो अपूर्णाक येतो त्यास त्या पदार्थाचें विशिष्टगुरुत्व असें झणतात.

वि =  $\frac{\text{पदार्थाचें वजन,}}{\text{त्याच आकाराच्या पाण्याचें वजन.}}$

ही वजनें एका विवक्षित उष्णमानावर घेतलेली असतात. आतां पाणी आणि दुसरे पदार्थ भिन्न भिन्न मानानें प्रसरण पावतात, म्हणून भिन्न भिन्न उष्णमानावर त्यांची विशिष्टगुरुत्वे भिन्न असतील. दोन भिन्न उष्णमानांवर एका घनपदार्थाची विशिष्टगुरुत्वे काढून, त्या पदार्थाच्या संवेधानें पाणी किती प्रसरण पावले आहे, हें आपणास सांगता येईल. जेव्हां जर आपणास घन पदार्थाचें प्रसरण माहीत असलें तर त्यापासून आपणास पाण्याचें प्रसरण समजेल. याचप्रमाणें दुसऱ्या कोणत्याही द्रवाचें प्रसरण काढतां येईल.

प्रयोग—पुढील प्रयोगावरून ही रीति बरीच लक्षांत येईल.

नंतर थंड पाण्याच्या जागी ऊन पाणी द्यावे. झणजे असें आढळेल की, पित-  
ळेचा गोल हा बाह्यत्कारो पूर्वी पेक्षा जड झाला आहे; परंतु याचें कारण असें आहे  
की, पितळेपेक्षा पाणी जास्त प्रसरण पावतें\*.

५८. वरील सिद्धांताचा अधिक सूक्ष्म विचार—पाण्याच्या जागी आपणास  
दुसरा कोणताही द्रव घेता येईल.

वि<sub>१</sub> = उ<sub>१</sub> उष्णमान असतां पदार्थाचें विशिष्टगुणत्व.

वि<sub>२</sub> = उ<sub>२</sub> उष्णमान असतां „ „

हीं दोन्ही विशिष्टगुणत्वे नेहमीच्या रीतीनें काढावी.

इ<sub>१</sub>, इ<sub>२</sub> = उ<sub>१</sub> आणि उ<sub>२</sub> या उष्णमानांवरील पदार्थाचीं दाढी.

इ<sub>१</sub>, इ<sub>२</sub> = उ<sub>१</sub> आणि उ<sub>२</sub> या उष्णमानांवरील द्रवाचीं दाढी.

ग = पदार्थाचा घनप्रसरणगुणक.

क = द्रवाचा केवळ प्रसरणगुणक.

वि<sub>१</sub> आणि वि<sub>२</sub> आपणास प्रत्यक्ष प्रयोगानें काढितां येतात. पदार्थाच्या लांबी-  
चा प्रसरणगुणक मार्गे सांगितल्या रीतीनें काढून त्याची तिप्पट केली, म्हणजे त्याचा  
घनप्रसरणगुणक गीं निघेल. उ<sub>१</sub>, आणि उ<sub>२</sub> हीं उष्णमाने पाहतां येतील, झणून क  
शिवाय बाकी सर्वे अव्यक्तांच्या किमती समजतात. क ची किंमत मात्र काढा-  
वयाची आहे.

वि<sub>१</sub> =  $\frac{इ_१}{इ_२}$

\* असें समजू कीं ०° श. उष्णमानावर एका गोलाचें आकारमान १ होतें, तेच १००° श.  
उष्णमानावर १.००६ भरलें. द्रवांत वजन केल्यामुळे ०° उष्णमानावर गोलाचें वजन  
त्याच्या खऱ्या वजनापेक्षा १८०० ग्रॅन कमी भरलें व १००° श. उष्णमानावर १७२०  
ग्रॅन कमी भरलें. तर यावरून हें उघड आहे कीं ०° श. उष्णमानावरील १ आकार-  
मानाच्या द्रवाचें वजन १८०० ग्रॅन आहे आणि १००° श. उष्णमानावरील १.००६  
आकारमानाचें वजन १७२० ग्रॅन आहे; झणून १००° श. उष्णमानावरील १ आकार-  
मानाचें वजन १७२९.५९ ग्रॅन होईल, यास्तव ०° श. उष्णमानावर १८०० ग्रॅन द्रवा-  
चें आकारमान १ असलें तर त्याचें १००° श. उष्णमानावर आकारमान  $\frac{१८००}{१७२९.५९}$   
= १.०३४७ होईल. झणजे ०.३४७ हें ०° श. पासून १००° श. पर्यंत त्याचें प्रसरण  
होईल.

$$\text{वि३} = \frac{\text{व३}}{\text{व३}} = \frac{\text{व३}}{\text{व३}} \times \frac{1 + \text{उ३}}{1 + \text{उ३}}$$

वाळीं आकारमानाच्या व्युत्क्रम प्रमाणांत असतात झणून प्रकरण २ यावरून

$$\text{वि३} = \text{वि३} \times \frac{1 + \text{उ३}}{1 + \text{उ३}}$$

किंवा

$$\frac{1 + \text{उ३}}{1 + \text{उ३}} = \frac{\text{वि३}}{\text{वि३}} \times \frac{1 + \text{उ३}}{1 + \text{उ३}}$$

हें साधें एकवर्ण समीकरण आहे. यापासून क ची किंमत आपणास काढितां येईल. नंतर क समजल्यावर वरील रीतीनें ग काढितां येईल, हें उघड आहे.

जर मागील कलमाप्रमाणे आरंभीचें ०°चा उष्णमान घेतलें तर याहून सारणी सोपी निघते.

### उष्ण केलेल्या द्रवांतील प्रापण प्रवाह.

५९. उपोद्घात—रोजच्या अनुभवावरून आपणास असें माहीत आहे कीं, जड द्रवांवर हलके द्रव किंवा घन पदार्थ तरंगतात.

आतां जेव्हां द्रवरूपी पदार्थास आपण उष्ण करितों, तेव्हां ते प्रसरण पावतात, म्हणून ते थंड द्रवाच्या पृष्ठभागावर तरंगवि, असें आपणास साहजिक वाटेल. कारण ते उष्ण झाल्यानें हलके होतात. तसेंच जर एखाद्या द्रवाच्या बुडारां उष्णता लाविली तर उष्ण झालेला द्रव वर चढून पृष्ठभागी यावा, आणि प्रापणप्रवाह उत्पन्न व्हावे, हेही साहजिक आहे.

परेतु कोणत्याही द्रवांत घन व द्रव पदार्थ केव्हां व कां तरंगतील, व बुडतील, याचीं कारणें याहून अधिक चांगल्या रीतीनें समजलीं असतां वरें होईल.

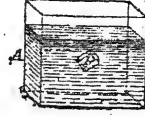
$$* \quad \frac{\text{व३}}{\text{व३}} = \frac{1 + \text{ग३}}{1 + \text{ग३}}; \quad \frac{\text{व३}}{\text{व३}} = \frac{1 + \text{क३}}{1 + \text{क३}}$$

$$\text{म्हणून व३} = \text{व३} \times \frac{1 + \text{ग३}}{1 + \text{ग३}} \quad \text{व३} = \text{व३} \times \frac{1 + \text{क३}}{1 + \text{क३}}$$

$$\text{व३} = \text{व३} \times \frac{1 + \text{ग३}}{1 + \text{क३}}$$

६०. प्रवाही शाखाचा सिद्धांत—A B हें पाण्यानें भरलेलें काचेचें भांडें आहे.

पाण्याच्या मध्यभागी P हा एक पाण्याचा भाग आहे. अशी कल्पना करूं कीं, हा भाग इतर पाण्यापासून वेगळा आहे, व त्याविषयी आपण विचार करीत आहों. (आकृति ३२ पहा.)



हा भाग चलन पावण्यास मोकळा आहे. यास वजन आहे.

तथापि हा स्थिर आहे. हा स्थिर नसता तर आतां आपणास आकृति ३३ वी. दिसतें तसें पाणी स्थिर व संथ न दिसतां एक सारखें हालत राहिलें असतें.

झणून समोवतालच्या पाण्यानें यास समतोल धरलें असलें पाहिजे.

त्यावर दोन प्रेरणांचा व्यापार चालला आहे; (१) त्याचें वजन आणि (२) समोवतालच्या पाण्याचा दाब. व्यापेक्षां तो भाग चलन पावत नाही, व्यापेक्षा या दोन्ही प्रेरणा अगदीं समान व परस्पर विरुद्ध दिशांनीं कार्य करणाऱ्या असल्या पाहिजेत. परंतु आपणास माहीत आहे कीं P पाण्याच्या वजनाचें कार्य खालच्या बाजूस लंब दिशेंत किंवा दिक्रेपेंत घडतें. झणून आपणास असें अनुमान करता येतें कीं, P भागावर समोवतालच्या पाण्याचा जो दाब पडतो, तो परिमाणानें अगदीं त्याच्या वजनावरोबर असून त्याचें कार्य वरच्या बाजूस लंब दिशेंत घडलें पाहिजे.

याहून एक पाऊल आपण पुढें जाऊं. अशी कल्पना करूं कीं, जी जागा P भागानें व्यापिली आहे, त्या जागीं पाण्याच्या बदला लोखंड, लाकूड, इत्यादि कोणता तरी पदार्थ आहे. तर यासुळें समोवतालच्या पाण्याच्या त्यावरील दावांत काहीं फेरफार होणार नाही. तो पूर्वीच्या इनकाच असेल. पाण्यासारखा दुसरा कोणताही द्रव घेतला असता तर हेंच अनुमान काढिलें असतें. म्हणून आपणास असा साधारण सिद्धांत ठरवितां येतो.

कोणत्याही द्रवांत पदार्थ बुडविला असतां त्यावर समोवतालच्या द्रवाच्या दबाचें कार्य वरच्या बाजूस लंब दिशेंत घडतें, आणि त्याचें परिमाण पदार्थाचें व्यापिलेल्या जागीं जेवढा द्रव राहूं शकेल त्याच्या वजनावरोबर असतें, किंवा पदार्थानें दूर केलेल्या द्रवाच्या वजनावरोबर असतें. शेवटल्या वक्त्यांत दिल्या-प्रमाण याची नेहमी व्याख्या करितात.

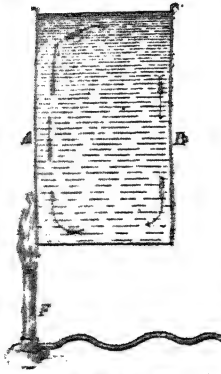
याच प्रमाणें विचार केला असतां आपणास समजेल कीं जाहाजासारखे जे पदार्थ द्रवांत काहीं थोडे मात्र बुडालेले असतात, त्यांवरही द्रवांत बुडालेल्या पदार्थांच्या भागा-नें दूर केलेल्या पाण्याच्या वजना इतक्या दावानें पदार्थ वर दाबले जातील.

६१. द्रवाच्या थंड भागांमधून त्याच्या उष्ण झालेल्या भागाचें चढणें—आतां थंड पाण्यांतून उष्ण पाणी कां चढतें, व यासुळें प्रवाह कां उत्पन्न होतात, हें आपणास स्पष्टपणें समजेल.

कारण पदार्थ आपल्या वजनानें खालीं जाऊं शकतो, तें वजन ब आहे, असें समज आणि त्याणें दूर केलेल्या पाण्याचें वजन त्यास वर लोटित असतें, तें वजन ब आहे, असें

समवे. तर व पेक्षा व मोठा, त्या बरोबर किंवा त्याहून लहान असेल, त्याप्रमाणे पदार्थ पाण्यात बुडेल, किंवा हवा तिथे राहील, किंवा वरच्या बाजूस दाबला जाईल.

कोणत्याही आकारमानाचे थंड पाणी उदाहरणार्थ १ घनफूट थंड पाणी उष्ण झाले. झणजे प्रसरण पावते. परंतु तेणेकरून त्याच्या वजनात फरक पडत नाही. म्हणून तेच १ घनफूट पाणी उष्ण झाले झणजे १ घनफूट थंड पाण्याहून जास्त पाण्यास दूर करिते; परंतु त्याचे वजन १ घनफूट थंड पाण्या इतकेच असते. म्हणून येथे बऱ्या वजनाने ते पाणी खाली जात असते त्याहून त्यास वर लोटणारा दाब अधिक असतो,



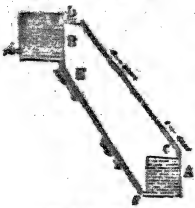
किंवा व पेक्षा व वजन मांडे असते. याकरिता उष्ण झालेले पाणी थंड पाण्यातून वर चढते. या रीतीने उत्पन्न झालेल्या प्रवाहास प्रापणप्रवाह असे झणतात. याची काही उदाहरणे आता देऊ.

(१) विस्वावर किंवा दिव्यावर पाण्याचे भांडे ठेविले म्हणजे ते याच रीतीने उष्ण होतें.

बहुतकरून भांड्याच्या बुडाशी, आणि कधी कधी किंचित एका बाजूस आपण उष्णता लावितो. यामुळे प्रापणप्रवाह एकदम उत्पन्न होतात. कारण ऊन पाणी वर चढते, व थंडपाणी खाली उतरते, आणि ते थंड पाण्याच्या जागी जाते. याप्रमाणे क्रिया सर्व पाणी ऊन होईपर्यंत चालते.

प्रयोग—A B हे पाण्याने भरलेले थोरले पंचपाच.

आकृति ३४ वी. आहे, व त्यामध्ये काही लकडाचा कोस टाकिलेला आहे. यात निराच्या टोकांनी दाखविल्याप्रमाणे पाण्याचे चलनचलन चालले आहे असे दिसेल. (आकृति ३४ पहा.)

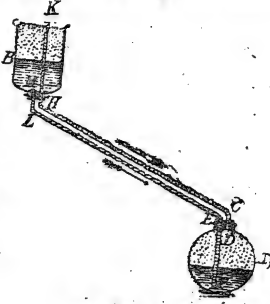


(२) माडीवर स्नान करण्याच्या खोलीत खालच्या मजल्यातून ऊन पाणी प्रापणप्रवाहांनी चढवितान. असे करण्यास जी भांड्यांची रचना व योजना लागते, ती सोबतच्या आकृतीत दाखविली आहे. (आकृति ३५ पहा) स्वयंपाक घरातील चुलीवर ठेविलेले A हे पाणी तापविण्याचे भांडे आहे. B हा दुमजल्यावरील ऊन पाण्याचा हौद आहे.

आकृति ३५ वी.

पाणी तापविण्याच्या A भांड्याच्या माथ्यापासून B हौदाच्या माथ्यापर्यंत C D मधील कोने, आणि B च्या बुडापासून A च्या बुडापर्यंत जोडलेली E F नळी आहे. A भांड्यातील ऊन पाणी हलके होऊन वरच्या हौदात चढते, आणि यांतील थंड पाणी खालच्या भांड्यात उतरते. याप्रमाणे B भांड्यात एक सारखे ऊन पाणी जाते व A भांड्यात नेहमी थंड पाणी उतरत असते. म्हणून बाष्पाच्या टोकांनी दाखविल्याप्रमाणे पाण्याची चढण्याची व उतरण्याची क्रिया नेहमी चालू असते.

**प्रयोग—फ्यारेडेचें प्रापण दाखविण्याचें यंत्र—** हें चलनवलन पुढील प्रयोगानें दाखविता येतें. A या चेंबूच्या तोंडांत रबराचें बूच असून त्यांत दोन नळ्या बसविलेल्या आहेत. (आकृति ३६ पहा) CD नळी बुचांतून A भांड्याच्या तोंडाशी जाते, आणि E F नळी A भांड्याच्या बुडापर्यंत जाते. B ही उपरच्या तोंडाची हांडी आहे, व तिच्या खालच्या तोंडांत रबराचें बूच असून त्यांत H K आणि L M या नळ्या बसविल्या आहेत. H K माथ्यापर्यंत आहे, आणि L M बुडाशी मात्र ओत गेलेली आहे.



आकृति ३६ बी.

म्हणून H आणि C यांस रबरी नळीनें जोडिलें, व त्याचप्रमाणें L आणि E यांस जोडिलें झणजे A आणि B भांड्यांचे माथे आणि त्यांचीं बुडे परस्पर जोडलीं जातात.

प्रथमतः निळ्यानें रंगविलेलें गरम पाणी A भांड्यांत भरूं, आणि नंतर रबरी नळ्या जोडूं, व HK नळीच्या K टोंकावर बोट ठेवून B भांड्यांत लाल रंगविलेलें थंड पाणी भरूं. नंतर K टोंकावर बोट असतांच नळ्यांतील हवा पाण्याच्या योगानें बाहेर घालवूं, आणि सर्व हवा बाहेर जाऊन K या उपरच्या तोंडापर्यंत B भांडें पाण्यानें भरलें झणजे प्रापणप्रवाह सुरू झाल्याचें एकदम दिसेल. आकृतीत प्रयोग अर्धा झालेला दाखविला आहे.

K टोंकावर बोट धरण्याचें कारण असें कीं MLE नळींतून हवेस घालवून पाणी उत्तरत असतां थंड व उष्ण पाणी यांचें जलदी मिश्रण होऊं नये.

६२. सागरांतील प्रवाह—विस्तवावर भांड्यांत पाणी तापवीत असतां जे प्रवाह उत्पन्न होतात, त्यांहून फार मोठे प्रापणप्रवाह सृष्टींत उत्पन्न झाल्याचीं उदाहरणें आपणांस आढळतात.

उत्तर व दक्षिण शीतकटिबंधांतील समुद्राच्या पाण्यापेक्षा उष्णकटिबंधांतील समुद्राचें पाणी जास्त उष्ण होतें. यामुळे दोहोंकडच्या पाण्याहून तें हलकें होऊन पाण्यांत लोंकूड जसें वर येतें त्याप्रमाणें तें थंड पाण्यावर चढूं लागतें.

परंतु अशा स्थितींत त्यास राहतां येत नाहीं ; म्हणून तें एकसारखें विषुववृत्तावर फुगून उत्तर व दक्षिण ध्रुवांकडे खालीं जाऊं लागतें. याप्रमाणें उत्तरेकडे व दक्षिणेकडे जाणारे ऊन पाण्याचे प्रवाह उत्पन्न होतात, आणि तिकडून पृष्ठभागामुखालून थंड पाण्याचे प्रवाह उलट येत असतात.

अस्वात प्रवाह हा ऊन पाण्याचा महत्वाचा प्रवाह आहे. मेक्सिकोचें अस्वात व त्यांतून बाहेर पडण्याचे मार्ग यांच्या विशेष प्रकारच्या रचनेवरून व पृथ्वीच्या दैनंदिन गतीच्या कार्यानें या प्रवाहास विशेष प्रकारचा आकार व दिशा प्राप्त झालेली आहेत.



वाऱ्याच्या कार्यामुळे गरम झालेल्या पाण्याचा प्रवाह मेक्सिकोच्या अखातांत पृष्ठभागावरून शिरतो; आणि हेंच या अखातप्रवाहाचें मूळ कारण आहे. विलायनेच्या हवेवर या प्रवाहाचा जो परिणाम होतो, तो सर्व प्रसिद्धच आहे\*.

टीप—विषुववृत्तापासून समुद्राच्या पृष्ठभागीं जे उष्ण पाण्याचे प्रवाह उत्पन्न होतात, त्यांच्या दिशांवर पृथ्वीच्या फिरण्याचा परिणाम काय होतो, त्याचा विचार येथें केला नाहीं. व्यापारीपयोगी वाऱ्यांविषयी लिहितांना याचा विचार करूं.

६३. प्रापण आणि वहन—तांब्याच्या गोळ्यासारखा एकादा घनपदार्थ आणि पाणी असे दोन पदार्थ कसे अगदीं भिन्न रीतींनीं उष्ण होतात, याविषयी आतां विचार करूं. पाणी व याचप्रमाणें दुसरे द्रव प्रापणप्रवाहांनीं उष्ण होतात; पाण्याचा प्रत्येक भाग पाऱ्ही पाऱ्हीं उष्णतेच्या उत्पत्तिस्थानाकडे जातो. परंतु तांब्याच्या गोळ्यांत या प्रकारचे प्रवाह नसतान. तांब्याचे दूरचे भाग उष्णतेच्या वहनानें उष्ण होतात, किंवा एका कणापासून दुसऱ्या कणाकडे उष्णता जाऊन ते उष्ण होतात. चुन्याप्रमाणें जर घनपदार्थ मंदवाहक असला, तर त्याचा एक भाग शुभ्रोष्ण झाला, तरी दुसरा भाग अगदीं थंड राहतो. कारण घनपदार्थांत दूरचे भागांस जर वहनानें उष्णता पोचली नाहीं, तर ते मुळींच उष्ण होत नाहींत. पाणी, आणि टपेटाइन यांसारखे दुसरे द्रव प्रापणानें उष्ण होतात; परंतु वहनानेंही उष्ण होणार नाहींत असें गृहित घेणें बरोबर होणार नाहीं. कारण पारा हा एक द्रवरूपी पदार्थ चांगला शीघ्रवाहक आहे. याकरितां पाणीही शीघ्रवाहक आहे किंवा नाहीं याचा निर्णय करण्यास आण्यास प्रयोग केला पाहिजे.

परंतु प्रयोग करितांना जे प्रापणप्रवाह उत्पन्न होतील ते न होण्यास आपणास काय केलें पाहिजे तें पाहूं. पाण्यास जर पृष्ठभागाजवळ उष्ण केलें तर हे प्रवाह उत्पन्न होणार नाहींत, हे एकदम लक्षांत येणार आहे. याप्रमाणें पृष्ठभागीं उष्ण केल्यानें उष्णता खालीं जाते कीं काय तें पाहूं.

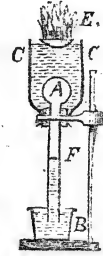
पाणी मंदवाहक आहे, हें दाखविण्यासाठीं आपण दोन प्रयोग करूं. हीच गोष्ट सर्व द्रवरूपी पदार्थांस लागू आहे. यास अपवाद द्याटले म्हणजे पाऱ्यासारखे वितळून द्रवरूप स्थितींत आलेले धातु होत.

प्रयोग—(१) एक लांब परीक्षानळी घ्यावी. या नळींत बुडाशीं थोडें पाणी घेऊन नळीचें वृद्ध सोडियम सल्फेट, आणि हैड्रोक्लोरिक आसिड या दोहोंच्या शीतताजनक मिश्रणांत बुडवून पाणी थिजवावें. नंतर नळी पाण्यानें भरावी, आणि पाण्या-

\* हा प्रवाह मेक्सिकोच्या आखातांतून उत्तर अमेरिकेच्या दक्षिण किनाऱ्यावरून वायव्य दिशेकडे अटलांटिक महासागरांतून वाहत जाऊन आयर्लंडच्या किनाऱ्यावर आणि युरोपाच्या वायव्य किनाऱ्यावर थडकून उत्तरेकडे जातो. या प्रवाहाच्या पाण्याचें दृश्यमान समीपनालच्या व खालच्या पाण्याहून ५० स. जास्त उष्णमानाचें असतें. यामुळे आर्कलँडची आणि युरोपाच्या बहुतेक पश्चिमभागाची हवा इतर भागांपेक्षां जास्त गरम असते व इतर भागांइतकी इकडे कडक थंडी पडत नाहीं.

च्या पृष्ठभागाजवळ नळी दिव्याच्या ड्योतींत भरून पाणी तापवावें, ह्याजें आपणास असें आढळेल की, बुडोजवळचें वर्फ फारसें न वितळतां आपणास नळीच्या वरच्या भागी पाणी तापवितां येतें. परंतु जर नळी उपडी केली तर सर्व पाण्यांत उष्णता प्रसृत होते, असें आपणास दिसेल. कारण नळी उपडी करतांच प्रापणप्रवाह उत्पन्न होऊन पाण्यांत चलनवलन सुरू होतें.

प्रयोग (२)—पहिल्या प्रकरणाच्या शेवटीं ज्याचें वर्णन केलें, तें AB हवेचें उष्णमापक आहे. याच्या वरच्या A कुण्याभोंवतीं काचिचें पात्र असून तें थंड पाण्यानें भरलेलें आहे. (आ. २७ पहा.) या पाण्याच्या पृष्ठभागी त्रिकोणाकार तारेच्या चौकटीवर एक कथिलाच्या पत्र्याची लहानशी थाटी ठेविली आहे.



आतां जर A कुण्याजवळील पाणी यत्किचित् थोडें उष्ण होईल, तर त्यांतील हवा प्रसरण पावेल, आणि FB नळींतील पाणी खाली उतरेल. परंतु हें जर उतरणार नाही, तर A सभोंवतालचें पाणी उष्ण झालें नाही, हें उघड होईल.

E थाटीत आपण थोडा मयार्क घालूं, व त्यास पेटवून सर्व जळू देऊं. आ०३६वी. FB नळींतील पाण्याचा स्तंभ अगदीं स्थिर आहे. ह्यापून पृष्ठभागाच्या उष्णतेनें CC' भांड्याच्या तळचें पाणी उष्ण झालें नाही, हें उघड आहे.

नंतर E थाटीत काढून CC' मधील पाणी दवळावें, म्हणजे लागलेच FB नळींतील पाणी उतरतें, व A कुगा उष्ण झाला, हें स्पष्ट होतें. ह्यापून CC' भांड्याच्या माथ्यापाशीं E थाटीत मयार्क जाळून तेथचें पाणी उष्ण झालें होतें, असें समजतें.

या प्रयोगावरून आपणास असें समजतें की, माथ्यापासून खालीं A जवळ पाण्याच्या योगानें उष्णतेचें वहन घडलें नाही.

हवेच्या उष्णमापकानें उष्णमान फार सूक्ष्म रीतीनें मापितां येतें. यास्तव पाणीं मंदवाहक आहे, असें आपणास ह्याजतां येईल.

### पाण्याचें अनियमित प्रसरण.

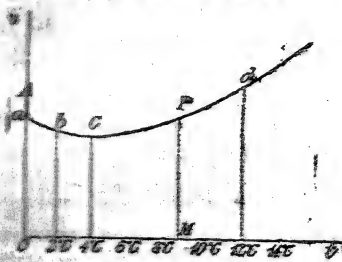
६३. ०°श पासून २०°श पर्यंत पाण्याचें प्रसरण—हा वेळपर्यंत प्रसरणाचा विचार करितांना आपण असें समजलों कीं पदार्थांचें उष्णमान वाढविलें कीं, नेहमी त्याचें आकारमान वाढतें. परंतु ज्या एका पदार्थास कांहीं नियमित उष्णमानांमध्यें ही गोष्ट लागू नाही, त्याविषयी विचार करूं.

०°श उष्णमानाचा एक वर्फाचा तुकडा घेऊं, व त्यास वितळवून त्याचें ०°श उष्णमानाचें पाणी करूं. या वेळीं एकाएकीं वरेंच आकारमान कमी झाल्याचें आपल्या अनुभवास येईल. वस्तुतः १५ घनइंच वर्फाचें १४ घनइंच पाणी होतें. आतां ०°श. हून आणखीं त्याचें उष्णमान वाढविलें तर ४°श. पर्यंत आणखी त्याचें आकारमान कमी होत आहे, असें आपणास आढळतें. यापुढें उष्णमान वाढविलें, ह्याजें तें

प्रसरण बाहेल त्यागेल, आणि पुढें जसजसे उष्णमान वाढेल, त्याप्रमाणें अभिकाधिक प्रसरण पावत जाईल. यास्तव त्याचें दादर्य  $8^{\circ}$  सा. वर महत्तम असतें, हें उघड आहे.

६५. पाण्याचें प्रसरण भूमितीचें दाखविणें—बीज व भूमिती या दोहोंचें संगतीकरण (अनालिटिकल जामेट्री) याची मूलतत्वे ज्यांस माहीत आहेत, त्यांस आम्ही हें पाण्याचें वर्तन ज्या रीतीनें दाखविणार आहों, ती रीति सहज समजेल; परंतु थोडासा विचार केला असतां कोणासही समजण्यास फारसें अवघड जाणार नाही.

Oa आणि Ov या दोन रेषा परस्परांची काटकोन करण्याजोग्या काढूं: Oa



आकृति ३८ वी.

काढलेला लंब किंवा त्यावरोवरीचा OM लंब त्याचें उष्णमान दर्शवितो. P सारख्या दुसऱ्या अशा अनेक बिंदूस सांधिलें तर एक सलग वक्ररेषा उत्पन्न होईल. कारण उष्णमान बदलल त्याप्रमाणें पाणी एकसारखें प्रसरण व आकुंचन पावत असतें. (आ. ३८ पहा.)

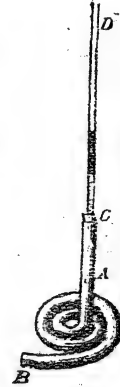
आपण असें समजूं कीं, O बिंदू  $0^{\circ}$  सा. उष्णमान दर्शवितो, व O A रेषा  $0^{\circ}$  सा. उष्णमानाच्या वर्तीचें आकारमान दर्शविते; आणि O a रेषा त्याच वर्तीच्या  $0^{\circ}$  सा. उष्णमानाच्या पाण्याचें आकारमान दर्शविते. तर मागील कलमांत सांगितलेल्या सर्व गोष्टी खऱ्या असतील तर आकृतीत काढल्या सारखी वक्ररेषा पाण्याचें प्रसरण व आकुंचन दर्शवील. जेथें वक्ररेषा वरच्या बाजूस किंवा खालच्या बाजूस सरळरेषा होत गेली आहे, तेथून उष्णमानाप्रमाणें प्रसरण व आकुंचन नियमित होत गेलें आहे, असे थोड्याशा विचारा अर्ती समजेल.

टीप—जेथे O पासून T कडे वक्ररेषा काढीत गेलों आहों, असें आपण समजतो.

६६. पाण्याच्या वर्तनाचीं उदाहरणें—हें पाण्याचें वर्तन शास्त्रदृष्ट्या केवळ चमत्कार वाटण्याजोगें आहे, एवढेंच नसून हें सृष्टक्रियामध्येही मोठें महत्त्वाचें आहे. शीतकरिबंधांत हिवाळ्यांत रात्री कडक थंडी पडली असतां एकाद्या तळ्यातील पाण्यावर तिचें कायें कसें होतें, याचा विचार करूं. असें समजूं कीं, आदरंभी सर्व पाण्याचें उष्णमान  $12^{\circ}$  सा. आहे. थंडीनें शीत होण्याची क्रिया पाण्याच्या पृष्ठभागी चालते. पृष्ठभागाचे पाणी शीत झालें झगजे ते आकुंचित होऊन जड होतें, आणि तळीं जातें, आणि तळीचें सारम व तळीं पाणी पृष्ठभागी त्याच्या जागी येते. ही शीत होण्याची क्रिया व पाण्याचें

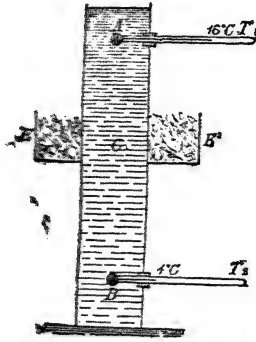
खालवर चलन सर्व पाण्याचें  $8^{\circ}\text{श.}$  उष्णमान होईपर्यंत चालतात. या नंतर पृष्ठभागाचें पाणी आणखी शीत झालें म्हणजे मागे सांगितल्याप्रमाणें तें प्रसरण पावेल. म्हणून बाकी पाण्यावरच तें तरंगत राहील; आणि या पुढें पाण्याचें खालवर चलन होणार नाहीं. झणून बाकीचें खालचें पाणी जास्त शीतही होणार नाहीं. पृष्ठभागाचें पाणी  $0^{\circ}\text{श.}$  पर्यंत शीत होईल, आणि नंतर थिजेल. थिजून बर्फ होताना आणखी प्रसरण पावेल, व हलकें बर्फ पाण्यावर तरेल. झणून असें सिद्ध झालें कीं, पृष्ठभागाच्या किंचित खालपासून तहत तळ्याच्या किंवा सरोवराच्या तळापर्यंत  $8^{\circ}\text{श.}$  उष्णमानावर पाणी राहील, आणि पृष्ठभागां बर्फ असेल. या पुढें आणखी शीत होणें तें वहनानें झालें पाहिजे; आणि पाणी फार मंदवाहक असल्यामुळे ही क्रिया फार सावकाश चालेल. पाण्याचें याहून भिन्न वर्तन असतें, उदाहरणार्थ  $9^{\circ}\text{श.}$  पर्यंत पाणी आकुंचित होत जातें, तर काय परिणाम घडले असते, हें वरच्याप्रमाणेंच विचार केले असतां सहज लक्षांत येईल.

**प्रयोग १—**पुढील प्रयोगावरून असें दिसेल कीं, उच्च उष्णमानावर असतां पाणी जितकें आकुंचन पावतें, तितकें  $0^{\circ}\text{श.}$  उष्णमानाजवळ आकुंचन पावत नाहीं. आणि तें जेव्हां थिजतें, तेव्हां एकाएकी पुष्कळ प्रसरण पावतें. या प्रयोगांत ( कलम ६७ यांत सांगितल्याप्रमाणें बारीक रीतीनें हिशेब केल्याशिवाय )  $8^{\circ}\text{श.}$  पासून  $0^{\circ}\text{श.}$  पर्यंत पाणी पुनः प्रसरण पावूं लागतें, ही गोष्ट साक्षात् दिसणार नाहीं. AB हें शिशाच्या नळीचें एक वेटाळें आहे. त्याचें B तोंड बंद आहे. हें वेटाळें भाडवें सपाट जागी ठेविलेलें आहे. याचा AC हा भाग उघडा असून सरळ लंबाकार वांकविलेला आहे. या नळीत रंगविलेलें पाणी भरून व C तोंडास एक रबराचें बूच बसवून त्यांत काचिची CD नळी अशी बसवावी कीं, तिजमध्ये काहीं उंचीपर्यंत पाणी चढावें. भाग पाडलेला जाड कागद नळीस जोडावा, म्हणजे पाणी नळीत चढेल, किंवा उतरलें हें समजेल. (आ. ३९ पहा) आरंभी पाणी  $30^{\circ}\text{श.}$  उष्णमानावर आहे, असें समजू. आतां वेटाळें एका परातीत ठेवून त्यावर बर्फ आणि मीठ यांचें मिश्रण घालवें. प्रथमतः पाणी सावकाश उतरेल, व त्यावरून शिशापेक्षां पाणी अधिक आकुंचित होत आहे, असें दिसेल.  $8^{\circ}\text{श.}$  उष्णमानावर पाणी पोंचण्यापूर्वीच शिशाहून पाणी कमी आकुंचित होऊ लागेल, आणि पाणी उतरण्याचें बंद होऊन चढूं लागेल. पाणी  $8^{\circ}\text{श.}$  उष्णमानावर आलें झणजे तें मुळीच आकुंचित होणार नाहीं, परंतु शिसें तसेंच आकुंचित होत जाईल. यामुळे पाणी चढेल, आणि  $8^{\circ}\text{श.}$  पासून  $0^{\circ}\text{श.}$  पर्यंत शिशाच्या आकुंचनामुळे, पाणी जास्त चढेल. नंतर काहीं थोडे पाणी थिजून त्याचें बर्फ होईल, व नळीत एकाएकी आणि जलद त्यांचा बराच स्तंभ चढेल.



आ. ३९ बी.

प्रयोग २. होपचेन यंत्र—सोबनच्या आकृतीत या यंत्राचे छिन्न दाखविले आहे.



आकृति ४० बी.

या दोन भागांत खालवर चलन सुरू होऊन C ठिकाणचे व त्या खालचे सर्व पाणी  $5^{\circ}\text{C}$  वर येईल. इतकें होईपर्यंत वरचे  $T_1$  उष्णमापक  $16^{\circ}\text{C}$  वरच असेल; परंतु खालचे  $T_2$  उष्णमापक  $5^{\circ}\text{C}$  वर जाईल.

या पुढे C ठिकाणच्या मध्यभागाचे पाणी त्याचे उष्णमान  $0^{\circ}\text{C}$  इतकें उतरेपर्यंत प्रसरण होत जाईल. परंतु त्यावर जें  $16^{\circ}\text{C}$  चे पाणी आहे, त्यातून वर चढण्या-जोगें ताबडचे व हलकें होणार नाही. म्हणून आणखी काहीं वेळ वरचे उष्णमापक  $16^{\circ}\text{C}$  वरच राहील.

परंतु जेव्हा C ठिकाणी बर्फ वनेल, तेव्हा तें हलकें असल्यामुळे वर चढून पृष्ठ-भागी चढेल. परंतु तेथच्या पाण्यांत वितरून तेथचे उष्णमान उतरेल. याप्रमाणे बर्फ वर चढत जाऊन C वरच्या सर्व पाण्याचे  $0^{\circ}\text{C}$  उष्णमान होईल. नंतर C पासून थेट माथ्यापर्यंत बर्फ होईल, आणि बर्फाचे तुकडे C पासून वर सर्वत्र दिसतील. परंतु व्हानां C खालचे पाणी थंड होत नसल्यामुळे  $T_2$  उष्णमापक  $5^{\circ}\text{C}$  वरच राहील.

पाण्याचे  $5^{\circ}\text{C}$  उष्णमानावर महत्तम दाढ्य असतें किंवा त्याचा आकार अत्यंत कमी असतो; आणि बर्फ पाण्याहून आकारानें मोठे व वजनास हलकें असतें, या गोष्टी या प्रयोगावरून स्पष्ट होतील.

टीप—पुढे आपणस असे समजेल की, बर्फ आणि मीठ यांस एकच मिसळले म्हणजे अत्यंत शीतता उत्पन्न होते; हेही या स्थळी सांगितले पाहिजे की, C ठिकाणी जें पाणी थंड होतें तें तेथच्या पाण्याच्या आडव्या थरांतील एक थर शीत होत नसून शीततात्मक मिश्रणाच्या संनिधच्या पाण्याचे एक कंकण शीत होतें. B ठिकाणचे पाणी  $5^{\circ}\text{C}$  वर पोचल्यावरही C आणि B यांमध्ये थोडे चलन चालू असतें. शिवाय पाण्याचे विरविराळे थर एकमेकांत अभिसरणानें मिश्र होतात.

६७. पाण्याचे प्रसरण काढणे—वांकव्या नळीच्या रीतीने काढलेला जो

पाण्याचा केवलप्रसरणगुणक त्यावरून भांड्याचा गी हा घनप्रसरणगुणक काढिता येईल. नंतर  $0^{\circ}$ श. पासून दुसऱ्या कोणत्याही उष्णमानापर्यंत, उदाहरणार्थ  $40^{\circ}$ श. पर्यंत पाण्याचें दृश्यप्रसरण किती असतें, हें पाहतां येईल; आणि तसेंच  $0^{\circ}$ श. पासून  $2^{\circ}$ श. पर्यंत,  $2^{\circ}$ श. पासून  $4^{\circ}$ श. पर्यंत असेंही निरनिराळें प्रसरण किंवा आकुंचन पाहून पाण्याचें प्रसरण किंवा आकुंचन खालील सारणीनें काढितां येईल.

$$k = d + g.$$

यावरून पाण्याचें केवल प्रसरण, आणि निरनिराळ्या उष्णमानावरील त्याचा आकार आपणास माहिती येईल.

नंतर उष्णमानाचें व त्यावरील पाण्याच्या आकाराचें आपणास कोष्टक करितां येईल; आणि त्याच्या आकाराच्या प्रमाणांत एका स्थिर रेषेवर उष्णमानें दर्शविणाऱ्या रेषांच्या बिंदूपासून लंब काढून प्रसरण दर्शविणारी वक्र रेषा काढितां येईल.

### प्रकरण ३ यावर प्रश्न व उदाहरणे.

(१) पाण्याच्या उष्णमापकांत पारा असलेली सर्व नळी द्रवांत बुडत नसली तर त्यावरून जीं उष्णमानें समजतील, त्यांत पुढील दोन उदाहरणांत काय अंतर पडेल ?

(१) जेव्हां द्रवाचें उष्णमान हवेहून जास्त असेल.

(२) जेव्हां द्रवाचें उष्णमान हवेहून कमी असेल:

जें उत्तर द्याल त्याचीं कारणें सांगा.

(२) कलम ४४ यांत सांगितल्याप्रमाणें मजजवळ एक कुपी, एक नळी व एक द्रव अर्शा आहेत. तर पुढील उदाहरणांत एकाएकी व सावकाश शीत केल्यापासून काय परिणाम दृष्टीस पडतील त्यांचें वर्णन करा.

(१) जेव्हां कुपीच्या द्रव्याइतकेंच द्रवाचें प्रसरण असेल.

(२) जेव्हां कुपीच्या द्रव्याच्या प्रसरणाहून द्रवाचें प्रसरण कमी असेल.

(३) उष्णमापक करण्यास काचेहून ड्याचें प्रसरण कमी आहे, असा द्रव घेतला, तर अशा उष्णमापकावर जे अंश किंवा विभाग पाडावयाचे त्यांत व साध्य उष्णमापकावर जे अंश किंवा भाग पाडितात त्यांत कोणता मोठा भेद पडेल ?

(४) एका मोठ्या तळ्यांत, व त्यांतून आलेल्या छोट्या नळींत पाणी एका पानसर्जित असतें याचें कारण काय असतें, तें सांग ? आणि या ठिकाणीं पुष्कळ पाणी थोड्या पाण्यास तोंडून धरितें, ही असंभवनीय गोष्ट कशी नसते तें स्पष्ट करा ?

(५) ५२ कलमांत सांगितल्याप्रमाणें पुढील गोष्टी दिल्या असतां A आणि B नळींतील द्रवांची दाढां काढा. मिनिज पातळीशीं समांतर अशा जमिनीपासून उंच्या मोजल्या त्या खाली लिहिल्याप्रमाणें भरल्या. (१) दोहोंमधील साधारण पातळीची उंची ३ फूट ९ इंच. (२) A मधील द्रवाचा माथा ४ फूट २ इंच.

(३) B मधील द्रवाचा माथा ४ फूट १० इंच.

(६) रेमाल्टच्या यंत्रांत  $0^{\circ}$ श. उष्णमानावर द्रवाच्या स्तंभाची उंची २ फूट

होती; आणि १००°श. वर २ फूट १ इंच होती. यावरून १°श. उष्णमानाचा प्रसरणगुणक काढ.

(७) पुढील तीन शीतींनी अनुक्रमें जर पाण्याचें वर्तन घडलें तर त्याचा सृष्टीत काय परिणाम होईल? (१) ०°श. पर्यंत पाणी आकुंचन पावले, आणि थिजतांना प्रसरण पावले. (२) जर ०°श. पर्यंत पाणी आकुंचन पावन असलें, व गोठतांना ही आणखी आकुंचन पावत असलें. (३) जर पाणी हळीप्रमाणें ४°श. पर्यंत आकुंचन पावले, आणि ४°श. पासून ०°श. पर्यंत प्रसरण पावले; परंतु गोठतांना आकुंचन पावले.

(८) एका द्रवाचें केवळ प्रसरण ०००१२ आहे; व त्याचें दृश्य प्रसरण ००००८ आहे. तर ज्या भांड्यांत द्रव आहे, त्याचा लांबीचा प्रसरणगुणक काय असेल?

(९) पाण्याचा केवळ प्रसरणगुणक ०००१७९ आहे. विवक्षित भांड्यांत त्याचें दृश्य प्रसरण ०००१६ आहे. दुसऱ्या एका द्रवाचें त्याच भांड्यांत दृश्य प्रसरण ०००२ आहे. तर यावरून भांड्याचें व दुसऱ्या द्रवाचें केवळ प्रसरण काढा.

(१०) पाण्याचा केवळ प्रसरणगुणक ६६६० आहे. विवक्षित कुपीत त्याचा दृश्य प्रसरणगुणक ६४८० आहे. तर कुपीचा घनप्रसरणगुणक काढ.

(११) उष्णमापकाच्या नळीचें टोंक बंद केलेलें नाहीं, व तिजमध्ये ३२°फा. उष्णमानावर तोंडापर्यंत पारा भरला तो १००° घेन आहे, याचें उष्णमान ८४°फा. पर्यंत वाढविलें, तर किती घेन पारा बाहेर पडेल? पाण्याचा १°फा. उष्णमानाचा केवळ प्रसरणगुणक ०००१ आहे, व काचेचा प्रसरणगुणक ००००१३३ आहे.

(१२) —४०°श. पासून +२००°श. पर्यंत उष्णमानें माफिता येण्या जागें उष्णमापक करावयाचें आहे. तर फुगा व बाकीची नळी यांच्या पोकळींत काय प्रमाण असलें पाहिजे? कांचें पारा अस्तां त्याचा दृश्य प्रसरणगुणक ६४८० आहे.

(१३) ०°श. उष्णमानावर मुख्य उष्णमापकांत जो पारा होता, त्याचें वजन २६४ घेन होतें. त्याचें उष्णमान १००°श. पर्यंत चढविलें, आणि पारा बाहेर पडल्याचें बंद होईपर्यंत तसेंच ठेविलें, नंतर उष्णमापकाचें पुनः वजन केलें, तेव्हां त्याच २६० घेन पारा शिल्लक राहिला होता. तर यावरून कांचेंत असलेल्या पाण्याचा दृश्य प्रसरणगुणक काढा.

(१४) १५°श. उष्णमानावर पाण्याचें दाढयें काय असेल तें काढ: ०°श. वर त्याचें दाढयें १३.५९८ आहे, आणि या दोन उष्णमानांमधील त्याचा सरासरी प्रसरणगुणक ०००१८३ आहे.

(१५) एका बाजूने बंद अशा नळीचें उघडें तोंड कितळवून केशाकृति बिंदूचा न्यास आकार दिला. ती नळी एका द्रवानें भरून तिचें वजन केलें. ०°श. वर तिजमध्ये १८६ ग्राम द्रव राहिला.

या नळीस उष्ण करून तिचें १००°श. उष्णमान केलें, तेव्हां ९ ग्राम द्रव बाहेर गेला. कांचेचा घनप्रसरणगुणक ००००२६ आहे. तर ०°श. आणि १००°श. यांमध्ये त्या द्रवाचें केवळ प्रसरण काय असेल तें काढ.

## प्रकरण ४.

### वायुंवर दाबाचा परिणाम.

भ्यारिअटचा सिद्धांत.

६८. हा वेळपर्यंत उष्णमान चढविल्याने घन व द्रवरूपी पदार्थांच्या आकारावर किंवा आकारमानावर काय परिणाम होताना, याचा विचार केला. आतां पुढें वायुंवर काय परिणाम होतो, त्याचा विचार करूं.

परंतु वायुवरील परिणामाविषयी विचार करणें तितकें सोपें नाहीं. कारण घन व द्रवरूपी पदार्थांचे आकार व्यवहारदृष्ट्या केवळ त्यांच्या उष्णमानावर मात्र अवलंबून असतात, असे आपणास समजतां येतें. फार सूक्ष्म व शारीक विचार करते वेळीं मात्र त्यावरील दाब मनांत आणावा लागतो. परंतु वायुरूपी पदार्थांचे आकारमान सर्वदा त्यांच्या उष्णमानावर व त्याचप्रमाणें त्यांवरील दाबावर अवलंबून असतें.

म्हणून प्रथमतः वायुरूपी पदार्थावर दाबाचा परिणाम काय होतो, त्याचाच वेगळ्या विचार करूं; आणि या वेळीं त्याचें उष्णमान समान आहे, असे समजू. हें केवळ विवेचन सोपें व्हावें एवढ्याच करितां आहे. हा विचार झाल्यानंतर उष्णमानांत फेरफार केल्यानें त्यांच्या आकारमानावर काय परिणाम होतात, या प्रश्नाचा उलगडा मागाहून करूं.

दाब ह्मणजे काय हें आपणास प्रथमतः स्पष्ट समजलें पाहिजे.

६९. दाब ह्मणजे काय व तो मापावा कसा?—आतां दाबाचा अर्थ आपण काय समजतो, व तो कसा मापितों याचा विचार करूं.

थोडसा विचार केला असतां आपणास असें दिसून येईल कीं, दाब या शब्दांत दोन कल्पना गर्भित असतात. एक वजनाची, आणि दुसरी हें वजन ड्या क्षेत्रावर दाबीत आहे, त्या क्षेत्राची.

यास्तव वाफेच्या घंत्राच्या तापकाच्या आंतील बाजूवर वाफेचा दाब किती आहे, याची बरोबर कल्पना मनांत येण्यास प्रत्येक चौरस इंच क्षेत्रावर किती पौंडांचा दाब पडतो, हें समजणें जरूर व बस असतें.

हें आपणास समजलें म्हणजे तापकाचें भोंडें किती जोराचें असलें पाहिजे, आणि विवक्षित क्षेत्राचा दृष्ट्या वर उचलण्यास किती शक्ति लावितां येईल, याचा हिशेब करण्यास जें आपणास पाहिजे तें सर्व कळेल.



झणून 'दर चौरस इंचावर अमुक दाब आहे,' या रीतीने दाब दर्शविताना, आणि मापिताना.

नापकाच्या माथ्यावर जर एक विवक्षित क्षेत्राचे शंकाकार भोंक पाडिले, आणि त्यामध्ये शंकाकार धातूचा तुकडा असा बरोबर बसला केला की, त्यास आत जात नाही, परंतु बाहेर मात्र निघतां यावे, आणि त्यावर एखादे वजन ठेविले, तर त्या वजनासकट गुडदीस वाफेचा जो दाब वर उचलूं शकेल, तो दर चौरस इंचावर अमुक पौंडांचा आहे, असे आपणास कळेल.

याप्रमाणे आकृतीत AB भोंकाचे क्षेत्र जर ३ चौरस इंच असले आणि वजन ९० पौंडांचे असले, तर या वजनास उचलण्यास जो वाफेचा दाब लागेल, तो  $\frac{90}{3} = 30$  पौंडांचा दर चौरस इंचावर असला पाहिजे (आ. ४१ पहा).



आकृति ४१ वी.

'दीप'—या ठिकाणी हवेच्या दाबाचा आपण विचार करीत नाही. त्याविषयी लोकरच पुढे विचार करूं.

याच तत्वावर वाफेच्या यंत्राचे रक्षक पडदे केलेले असतात.

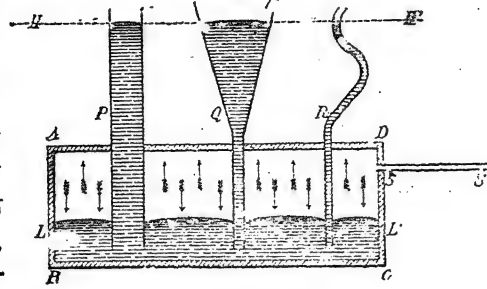
७०. दाब मापण्याची दुसरी रीती—दर चौरस इंचावर अमुक पौंड दाब या रीतीने व्यवहारांत सहज रीतीने नेहमी दाब मापितां येत नाही. याहून अधिक सोईची दाब मापण्याची रीति आहे, निजविषयी आतां वर्णन करूं. ही रीति सकृदशींनीं जरी कांहींशी भिन्न दिसते, तथापि ती मागील रीतीसारखीच आहे.

अशी कल्पना करा की क्षिनिजपातळीशीं समांतर असा सपाट पृष्ठभाग आहे, व त्यावर कांहीं दाबाचे कार्य होत आहे. आपल्या मर्जास आल्यास पृष्ठभाग एकाद्या भांड्याचा तळ करून त्या भागांत नियमित खोलीचा एखादा द्रव भरून हा दाब आपणास उत्पन्न करितां येईल.

जो आपला पृष्ठभाग आतां भांड्याचा तळ झाला आहे, त्यावरील दाब भांड्यातील द्रवाच्या केवळ जडपणावर किंवा दाब्यावर आणि लंबोत्तर उंचीवर अवलंबून असेल. जर आपण नेहमी एकाच द्रवाचा, उदाहरणार्थ पाण्याचा उपयोग करावा, असा निश्चय केला, तर भांड्याच्या बुडावरील दाब त्या द्रवाच्या म्हणजे पाण्याच्या केवळ उंचीवर अवलंबून असेल, असे आपणास म्हणतां येईल. म्हणजे दर चौरस इंचावर अमुक पौंड अशा रीतीने दाब मोजावयाचा तो अमुक उंचीचा पारा अशा रीतीने कोणताही दाब मोजतां येईल.

या रीतीने दाब मापण्यांत अशी सोय असते, की, या ठिकाणी एकच आणि ती फार साधी म्हणजे लंबोत्तर उंचीमात्र मापावयाची असते. याचे उदाहरण दिले म्हणजे हे अधिक स्पष्ट समजेल.

A B C D ही एक लोखंडी पत्र्याची बळकट पेटी आहे, व तिजमध्ये S S या नळीने वाफ सोडलेली आहे. P Q R या निरनिराळ्या आकाराच्या व आकारमानाच्या नळ्या पेटीच्या वरच्या झाकणात वाफ आत बाहेर न जाण्याजोग्या गच्च बसविलेल्या आहेत, व त्या पेटीच्या बुडापर्यंत गेलेल्या आहेत.



आकृति ४२ वी.

त्यांची दोन्ही तोंडे उघडी आहेत; पेटीच्या बुडावर काही पारा आहे, त्या पाण्यात या नळ्यांची तोंडे बुडालेली राहतात. (आ० ४२ पहा.)

पेटीत वाफ किंवा आकुचित केलेली हवा सोडली तर तिचा दाब पेटीच्या बाजूवर आणि बुडावरील LL' या पाण्याच्या पृष्ठभागावर नियमित प्रमाणाने पडेल, व त्याच्या योगाने P, Q, R या नळ्यांमध्ये नियमित उंचीवर पारा चढेल. ही उंची दाबाच्या जास्तकमी मानावर अवलंबून असेल.

ह्या नळ्यांचा कसाही आकार असला व त्यांचे आकारमान केवढेही असले, तरी सर्वांमध्ये पेटीतील पाण्याच्या पृष्ठभागावर सारख्या उंचीपर्यंत पारा चढेल. ही उंची दाबाच्या जास्तकमी मानावर अवलंबून असेल.

ह्या नळ्यांचा कसाही आकार असला, व त्यांचे आकारमान केवढेही असले, तरी सर्वांमध्ये पेटीतील पाण्याच्या पृष्ठभागावर सारख्या उंचीवर पारा चढेल. म्हणून ही लंबोत्तर उंची पाण्यावरील दाब मापण्यास घेता येईल.

प्रयोग—ही गोष्ट सहजा दाखविता येते. एक जस्ती डबा घेऊन त्यास रबरी चुचाच्या योगाने नळ्या गच्च बसवाव्या, आणि S S' या नळीतून पेटीत हवा फुंकावी. पाण्याच्या बदला पेटीत रंगविलेले पाणी भरावे, ह्याजो ते पुष्कळ हलकें असल्याने जास्त उंचीवर चढविता येईल.

७१. सोहों रीतीमधील संबंध—असे आपण पाहिले की, विभिन्न दाब दर चौरस इंचावर भ्रष्टक पोंड आहे असे सांगितले असता त्यास पाण्याच्या उंचीत कसे दर्शविता येईल, याचा आणा आपण विचार करू. याकरिता एका चौरस इंचावर एक पोंड दाब पडण्यास एका चौरस इंचावर किती उंचीचा पारदस्तंभ असला पाहिजे, एवढेचमात्र आपणास काढिले पाहिजे. चौरस इंचावर जो पारदस्तंभ असेल त्याचे वजन मात्र त्यावर पडेल हे उघड आहे, आणि पाण्याचे दाढर्ग माहीत असल्यावरून पारदस्तंभाची उंची जवळ जवळ २ इंच असली पाहिजे हे एकदम आपणास समजते.

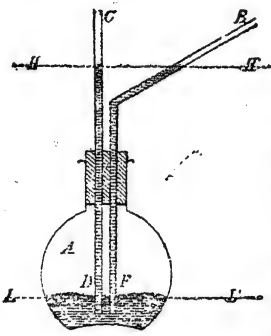
**टीप**—पृथ्वीच्या निरनिराळ्या पृष्ठभागावर पदार्थांचे वजन सारखे नसते ही गोष्ट आपण या ठिकाणी हिशोबांत घेत नाही.

म्हणून दर चौरस इंचावर एक पौंडाचा दाब २ इंच उंचीच्या पाण्याबरोबर असतो, असे आपणास म्हणता येईल. म्हणून ३० इंच उंचीचा पारा असला तर दर चौरस इंचावर १५ पौंडाचा दाब पडेल.

किंवा पारदस्तभाच्या नियमित उंचीने जर दाब मापिला असला, तर त्याच्या निमपटी इतक्या पौंडाचा दाब दर चौरस इंचावर पडेल असे म्हणता येईल.

पाण्याच्या बदला जर आपण पाणी घेतले तर पाणी पाण्याहून १३ पट हलकें असल्यामुळे दर चौरस इंचावरील १ पौंडाचा दाब दर्शविण्यास २६ इंच उंचीचे पाणी घ्यावे लागेल.

**प्रयोग**—A या एका बाटलीच्या तोंडास गच्च बसणाऱ्या बुचांनून CD आणि



EF या दोन नळ्या बसविलेल्या आहेत. कुर्पीत थोडासा पारा आहे, व त्या पाण्यात दोहों नळ्यांची कुर्पीतील तोंडे बुडालेली आहेत. (आ. ४३ पहा) जर आपण कुर्पीत खूब जोराने हवा फुंकली तर नळीजवळून तोंड काढताच आकुंचित झालेली हवा पाण्यास दोहों नळ्यांत कुर्पीतील पाण्याच्या LL' पृष्ठभागावर HH' या लंबोत्तर उंचीपर्यंत लोटेल. ही लंबोत्तर उंची किती उंच आहे हे जर आपण मापिले तर ह्या हवेचा दाब दर चौरस इंचावर किती पौंड आहे हे सहज सांगता येईल. साधारण प्रतीच्या जोराने फुंकले असता

आकृति ४३ वी.

५ किंवा त्याहून कमी उंचीचा पारा चढविता येतो. म्हणजे दर चौरस इंचावर २३ किंवा कमी पौंडाचा दाब पाडिता येतो.

### वातावरणाचा दाब.

७०. वातावरणापासून उत्पन्न झालेला दाब—वायूवर दाबाचे जे परिणाम घडतात, त्याविषयीच्या सर्व प्रयोगांत वायूवर जो आरंभी दाब असतो, तो हिशोबांत घेणे जरूर असते. आपण ज्या वातावरणाच्या समुद्रांत राहतो तो आपणावर कित्येक मैल उंचीपर्यंत असून त्याच्या वजनामुळे आपणावर त्याचा काही दाब पडतो, व त्याचप्रमाणे त्यांत असलेल्या दुसऱ्या सर्व वायूवरही पडतो.

**हवेचे वजन**—हवेस वजन आहे, हे सहज दाखविता येते. कारण जर आपण एका काचच्या भांड्याचे त्यातील हवा काढून घेऊन वजन केले, तर ते हवेने भरलेल्या भांड्याच्या वजनापेक्षा कमी भरते; आणि तसेच भांड्यांत आहे त्याहून त्यांत आणखी हवा घालून त्याचे वजन वाढविताही येते.

७१. हा दाब साधारणपणे समजत नाही याचें कारण—वातावरणापासून जो दाब आपणावर पडतो तो आपणास बहुतकरून समजत नाही याचें कारण काय असावें असा प्रश्न स्वाभाविक उत्पन्न होतो. जर एका कांचेच्या पंचपात्राच्या तोंडावर भगदी पातळ त्वचेचा तुकडा ताणला तरी तो या दाबानें खाली चेंपला जात नाही किंवा ढोलक्याच्या बाजू आत दबत नाहीत.

याचें उत्तर फक्त हें आहे: कांचेचें पंचपात्र, ढोलकें, आणि आपण सर्व प्राणी यांच्या सर्व पोकळ भागांत हवा भरलेली आहे. ही हवा आपल्या सर्भोवती असलेल्या हवेपेक्षाच असून बाहेरच्या हवेच्या दाबानें इतकी चेंपलेली आहे की, तिला आपल्या स्थितिस्थापकतेनें उलट तितकाच दाब घालता येतो. यामुळे ढोलक्याचें कातडें आतल्या हवेनें समतोल धरलेलें असतें. व आतल्या हवेचें कार्य कमानीसारखें होतें.

एका दारावर दोहोंबाजूनीं दैर्घ्य मनुष्ये एकमेकांकडे दाबू लागलीं, आणि त्यांचा जोर सारखा असला तर कोणत्या तरी एका बाजूकडील काहीं माणसें गेल्याशिवाय त्यांच्या शक्तीचें दारावर काहीं कार्य नजरेस पडणार नाही. त्याचप्रमाणें ढोलक्याच्या कातड्याच्या दोहों बाजूस सारखा दाब असतो झणून तो कळत नाही.

जे लोक विमानांतून वर जातात, त्यांस बाहेरील दाब उंच प्रदेशां कमी झाल्यामुळे फार हाल सोसावे लागतात. कारण (बराच वेळ) त्यांच्या शरीरांतील वायूचा दाब मूळच्या इतकाच असतो, व बाहेरील दाब मात्र कमी होतो. त्याचप्रमाणें पाणबुडे खोल पाण्यांत गेले झणजे बाहेरील दाब वाढल्यामुळे त्यांस इजा होते.

७२. वातावरणाच्या दाबाचें अस्तित्व सिद्ध करण्याकरितां प्रयोग—  
वानाकर्षक यंत्रानें कृत्रिमरीत्या बाहेरील दाब काढितां येतो, व जो हवा आंतून कमानीसारखें कार्य करिते, तिलाही आंतून काढितां येतें, आणि असें केलें झणजे हवेच्या दाबाचें आपणास ज्ञान होतें.

प्रयोग १. गोलाधें—A आणि B हीं दोन अर्शा गोलाधें आहेत कीं, त्यांस एकमेकांवर गच्च बसवितां येतें. एकमेकांवर गच्च बसणाऱ्या त्यांच्या तोंडास लुकण लावून त्यांस एकमेकांवर बसवावें. प्रत्येकास मूठ आहे, परंतु एकाची D मूठ काढून B अर्धाचें F टोंक वानाकर्षक यंत्राच्या तबकडीवर बसवितां येतें, आणि दोहों अर्धांतील हवा याच द्वारानें काढून घेतां येते. हवा काढिल्यावर हें द्वार C मळसूत्र फिरवून बंद करितां येतें. (आकृति ४३ व ४४ अ पहा.)



अधें एकमेकांवर बसवून F द्वारानें त्यांतील हवा काढून घ्यावी, आणि D मूठ बसवावी. आतां

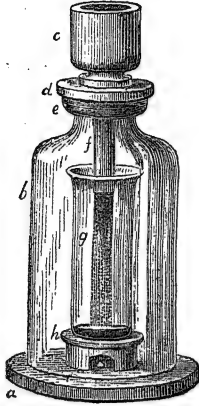
आ० ४४ बी.

आ. ४४ अ.

दोहों अर्धांस एकमेकांवर गच्च धरणारा जो वातावरणाचा दाब आहे, त्यास आंतून

चलत तोडून धरण्यास आन काहीं नाही. द्यापून जर ती बऱ्याच मोठ्या आकाराची असली तर त्यास एकमेकांपासून वेगळे करिता येत नाही.

**प्रयोग २.**—भरलेली त्वचेची पिशवी किंवा कोमेजलेले लिंबू वानाकर्षक यंत्राच्या तबकडीवरील ग्राहकांत ठेविले, आणि ग्राहक रित्या करून पिशवीवरील हवेचा दाब कमी केला, तर पिशवी फुगून ताडेल.



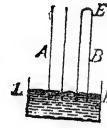
आ. ४४ ब.

हे व दुसरे प्रयोग यांच्या योगाने पदार्थाच्या पोकळ अवकाशांत जी हवा असते तिची स्थितिस्थापकता दाखविता येते.

**प्रयोग ३.**—वानाकर्षक यंत्रावर बसविण्याचा सोईचा ग्राहक घेऊन हवेच्या दाबाने लांकडातून पारा बाहेर निघतो हेही दाखविता येते. (आ० ४४ ब.)

७५. वातावरणाचा दाब मापणं—हा जो वातावरणाचा दाब असतो असे आता दाखविले तो दाब मापणा कसा या महत्त्वाच्या प्रश्नाचा आता विचार करू. हा दाब दर चौरस इंचावर किती पौंड आहे किंवा किती उंचीच्या पाण्याबरोबर आहे हे आपणास काढणें आहे.

दर चौरस इंचावर दाब किती हे आपणास अनेक रीतींनी सहज काढिता येईल असे वाटते. परंतु त्याप्रमाणे हवेचा प्रत्यक्ष दाब काढणें तितकें सोपें नाही. या ठिकाणी हा दाब तोडून धरण्यास किती इंच उंचीचा पारदस्तंभ लागतो, हे काढण्याची एक सोपी रीती आहे, त्या रीतीने हा दाब प्रथमतः काढूं म्हणजे त्यावरून दर चौरस इंचावर किती पौंडांच्या दाबाबरोबर हा दाब आहे हे आपणास सहज कळेल.  $L L'$  हे आ० ४५ वी. एक पाण्याने भरलेले भांडे घेऊ आणि त्यांत एक दोहों तोंडांनी उघडी व एक वरच्या तोंडांने बंद अशा दोन नळ्या बुडवू. (आ० ४५ पहा.)



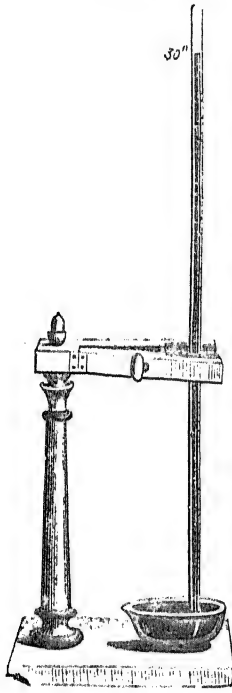
$L L'$  भांड्यांतील पाण्याच्या पृष्ठभागावर जो वातावरणाचा दाब आहे त्याने नळ्यांमध्ये पारा चढत नाही. कारण  $A$  नळीत वरून तेंच वातावरण दाबीत आहे, आणि  $B$  नळीत कोडलेली हवा आहे, ती आपल्या स्थितिस्थापकतेने हवेच्या दाबाइतका दाब पाडीत आहे.

यास्तव या रीतीने वातावरणाचा दाब मापण्यास नळींतील हवा आपणास काढून टाकिली पाहिजे.

$B$  नळीच्या  $E$  माथ्यावर जर भोंक पाडिले व तेथून एका दुसऱ्या नळीने वानाकर्षक यंत्रास  $B$  नळी जोडली, आणि  $B$  नळीतील हवा हळू हळू काढून घेतली, तर हवा काढून घेतल्यावर नळीच्या आतील दाब जसजसा कमी होईल त्याप्रमाणे पाण्याच्या  $L L'$  पृष्ठभागावरील बाह्य दाबाने नळीत पारा अधिक अधिक उंच चढेल. भांड्यांतील म्हणजे नळीतील पाण्याच्या पृष्ठभागावर नियमित दाब आहे, व ह्या दाबा-

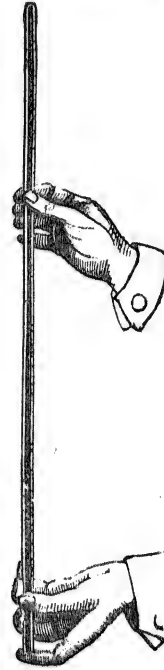
इनकाच दाब उत्पन्न करण्यापुरता नळीत पारा उंच चढेल. नळी कितीही उंच असली तरी याहून जास्त चढणार नाही. ही उंची लंबोत्तर, सुमारे ३० इंच असते, असे आपणास आढळेल, आणि एवढ्या उंचीच्या पाण्याने दर चौरस इंचावर सुमारे १५ पौंडांचा दाब पडेल. परंतु याहून अधिक सोप्या रीतीने खाली लिहिल्याप्रमाणे हवा आपणास काढून घेता येते.

प्रयोग -- एका वाजुने वंद व ३० इंचांहून लांब अशी एक भारमापकाची भकम



आ. ४६ ब.

नळी घे, आणि तीत पारा भर. तिचे तोंड वर धरून निजम-भील सर्व हवा घालीव. पाण्या-तील सर्व हवा घालविण्यास पारा कढवावा लागतो. नंतर उघडें तोंड बोटांने बंद करून नळी उलटी करावी (आ. ४६ अ). आणि पेट्यांतील पाण्याच्या पृष्ठ-भागाखाली उघडें तोंड नेऊन बाट काढावें, म्हणजे पारा नळीत पेट्यांतील पाण्याच्या पृष्ठभागावर लंबोत्तर असा सुमारे ३० इंच उंचीवर राहील. नळी लहान मोठी व कोणत्याही आकाराची असली व कितीही कललेली असली तरी निजमभील पारदर्शने-



आकृति ४६.

भाच्या माथ्याची उंची बरोबर ३० इंच असेल (आ. ४६ व ४६ ब पहा).



आ. ४६ अ.

आता आपण नळीत हवा ठेविली नाही. यास्तव आता नळीतील पाण्यावर कशा-चाही दाब नाही. यास्तव दोन वस्तु आता अगदी समतेत आहेत:— नळीतील पार-दर्शने आणि बाहेरील हवेचा दाब.

म्हणजे हवेचा दाब या ठिकाणी आपण मापिला, आणि तो सुमारे ३० इंच उंची-च्या पाण्याइतका भरला. किंवा दर चौरस इंचावर १५ पौंड झाला. या यंत्रास भारमापक म्हणतात.

७६. म्यारिअट किंवा बाईल याचा सिद्धांत.—कोणती गोष्ट समजून घेण्याची आपली इच्छा आहे, ते आपल्या लक्षांत असले पाहिजे. वायूच्या आकारमानावर उष्णमानाचे काय काय परिणाम होतात, हे आपणास समजून घेणे आहे. परंतु प्रथमतः वायूवर केवळ दाबाचा काय परिणाम होतो, याचा विचार करणे जरूर पडेल. दाब मापाचा कसा, आणि ज्या वातावरणांत आपले सर्व प्रयोग चालवयाचे त्यांचा दाब किती आहे हेही काढिले. आतां अखेरीस कोणत्याही वायूवर जो दाब पडतो त्याचा वायूच्या आकारमानाशी काय संबंध असतो, याविषयीचा जो सिद्धांत त्याचा आतां विचार करू.

विवक्षित आकारमानाच्या वायूस जर जोरानें दाबिलें तर तो चेंपला जाऊन त्याचे आकारमान कमी होतें, हें सर्वास माहीत आहे. त्याचप्रमाणें जर वायूवरचा दाब कमी केला तर वायूचा आकार वाढतो.

म्यारिअट आणि बाईल यांनी जो सिद्धांत शोधून काढिला त्यावरून दाब आणि आकारमान यांमधील संबंध बरोबर समजतो.

“जर दाबास कोणत्याही संख्येनें गुणिलें तर आकारमानास त्या संख्येनें भागिलें पाहिजे; आणि दाबास कोणत्याही संख्येनें भागिलें तर त्या संख्येनें आकारमानास गुणिलें पाहिजे; मात्र या वेळीं उष्णमान समान आहे, असें कल्पिलें पाहिजे.”

झणजे ‘उष्णमान समान असतां दाब जितक्या पटीनें वाढवावा, तितक्या पटीनें आकारमान कमी होतें.’

टीप—हा सिद्धांत स्थूलमानानें मात्र खरा आहे. परंतु या पुस्तकांत हा सिद्धांत अगदीं खरा आहे, असें घेऊन चालूं. कारण आपण जें विवेचन करणार त्यापुरता हा सिद्धांत पुष्कळ खरा आहे.

७७. जर  $v$  आणि  $A$  हीं अक्षरे दाब आणि आकारमान दाखविण्यास घेतलीं, आणि  $n$  अक्षर एक नियमित संख्या दर्शविण्यास घेतलें, तर बरील सिद्धांत खालील सारणीनें दर्शविता येतो.

$v \times A = n$ . (उष्णमान समान असतां) किंवा  $v_0$  आणि  $A_0$  या संज्ञा आरंभितां दाब व आरंभीचे आकारमान दर्शविण्यास घेतल्या तर,

$$v_0 \times A_0 = n.$$

$$\text{झणून } v_0 \times A_0 = v \times A.$$

७८. म्यारिअटचा सिद्धांत सिद्ध करण्याकरितां प्रयोग—वर जें सांगितलें त्यावरून असें झालें कीं, जर  $v$  व  $10$  पट वाढविला, तर आकारमान  $\frac{1}{10}$  होईल; झणजे  $10$  वा हिस्सा होईल.

या सिद्धांताविषयी प्रयोगद्वारा रेग्नाल्ड यानें फार विचार केला आहे.

याची सत्यता दाखविण्याकरितां येथें फक्त दोन प्रयोग देऊं.

प्रयोग १. वायूचा आकार निमा होण्यास त्याजवरील दाब दुप्पट करावा लागतो हे

प्रथमतः दाखवू.

B F E A ही

एक वांकडी नळी

(आकृतीत दाख-

विल्याप्रमाणे)

आहे. (आ० ४७

पहा). या प्रका-

रच्या चांगल्या

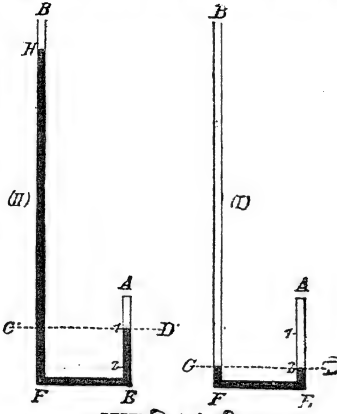
यंत्रात B F

आणि A E या

दोन वेगळ्या न-

ळ्या असून एका

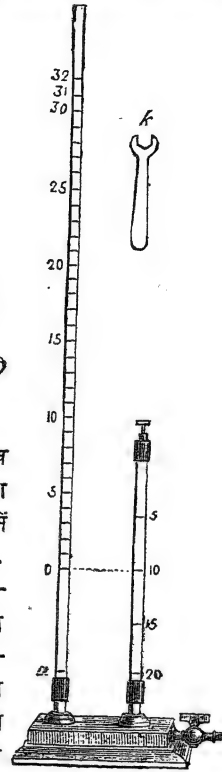
लोखंडी बैठकीत



आकृति ४७ वी.

स्कूने बसविलेल्या असतात, आणि त्यांस जोडणारी बैठकीतच E F ही नळी बसते; आणि A आणि E ठिकाणी हवा आत बाहेर न जाण्याजोगी मळसूत्रे असतात; त्यांच्या योगाने हवा व पारा यांस आत बाहेर सोडिता येते. (आ० ४७ अ).

या प्रयोगात प्रथमतः उजवी कडच्या आकृतीत दाखविल्या-प्रमाणे पारा भरून A ठिकाणचे मळसूत्र बंद करवें. या छोट्या नळीत काही हवा कोडलेली आहे; व ती दोन आकारमाने जागा व्यापीत आहे. ही आकारमाने २ घनइंच किंवा दुसरी काही तरी असतील. आपणास एवढेच पाहिले पाहिजे की A पासून I पर्यंत जितका अवकाश आहे, त्याच्या दुप्पट 1 पासून 2 पर्यंत आहे.



आ० ४७ अ.

क्षितिजपातळीशी समांतर अशा C D रेषेखाली पारा आहे; आणि व्यापेक्षा दोहों नळ्यांत पारा सारख्या उंचीवर आपण आणलेला आहे, त्यापेक्षा प्रकरण २ यांत सांगितल्याप्रमाणे आपणास माहीत आहे की, दोहों नळ्यांतील पारा परस्परांस सम-तोल धरीत आहे. यास्तव छोट्या नळीतील २ आकारमाने हवा केवळ हवेच्या दाबा-खाली आहे. B F या उघड्या नळीत नळीतील पाण्यावर हवा दाबीत आहे, व तो दाब पाण्यातून दुसऱ्या नळीत जात आहे. भारमापकाने आपणास हा दाब मपिता येईल.

असे समजून की, हा दाब मपिला तो २९ इंच पाण्याइतका भरला. म्हणजे दर चौरस इंचास १४३ पौंड भरला. आता २ आकारमाने हवा २९ इंच पाण्याच्या दाबा-खाली आहेत. A E नळीतील हवा निमे आकाराची होईपर्यंत B F नळीत पारा आतून. आता ती हवा किती दाबाखाली आहे, हे मापू. आंखूड नळीतील पाण्याच्या



माध्यापासून क्षितिजपातळीशीं समांतर अशी C D ही रेषा दोहों नळ्यांवर काढूं. या रेषेच्या खालचा पारा परस्पर समतोल आहे, हें आपणास माहीत आहे. C H पर्यंत जो पाण्याचा स्तंभ आहे, त्यास तोंलून धरण्यास दुसऱ्या नळीत पारा नाही. म्हणून या स्तंभामुळे जो दाब पडतो, तो आंखुड नळीतील हवेवर पाण्यातून जातो. याशिवाय B H या उघड्या नळीतील पाण्यावर जो हवेचा दाब आहे तोही पाण्यातून A E नळीत जातो, व तोही A I हवेनें तोंलून धरिला आहे. C' पासून H पर्यंत जर लंबोत्तर उंची मोजली, तर तीही २९ इंच आहे. म्हणून AD नळीतील A I हवेवर एकंदर  $२९ + २९ = ५८$  इंच दाब आहे. म्हणजे दोन आकारमानांचें एक आकारमान करण्यास दुप्पट दाब घालणें जरूर आहे, असें आपणास कळलें. मात्र या वेळीं उष्णमान समान आहे, असें आपण मानतों.

जर मूळचा हवेचा दाब ३० इंच असता तर C' H ही उंची ३० इंच असावी

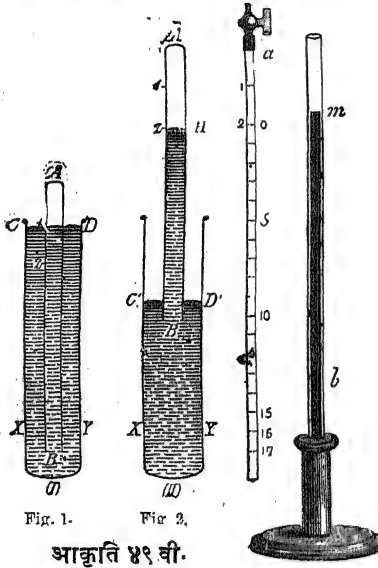


Fig. 1.

Fig. 2.

आकृति ४९ वी.

४९ अ.

(आ. ४९ अ.) आणि B बुडाशीं उघडी आहे. पहिल्या आवृत्तीत प्रयोगाचा आरंभ दाखविला आहे. येथें A ठिकाणचें मळसूत्र फिरवून द्वार खुलें करूं, आणि थोरल्या नळीत बारीक नळी साखून दोहोंत पारा सारख्या पातळीवर बारीक नळीवरील १ खुणेपर्यंत आणूं. नंतर मळसूत्र फिरवून द्वार बंद करूं. आतां भाकत्या नळीत एक भाग हवा आहे, आणि तिजवर फक्त हवेचा मात्र दाब आहे, कारण बारीक नळीत पारा तिच्या बाहेरील पाण्याच्या पातळीत आहे, म्हणून नळीतील हवेचा दाब बाहेरील हवेच्या

लागती. मागें सांगितल्याप्रमाणें विवक्षित वायूवर दाबाचा परिणाम पाहण्यास प्रयोग करितेवेळीं आपणास त्या विवक्षित वायूवर हवेचा दाब किती आहे हें समजण्याची जरूर असते, असें आपणास येथें कळलें.

प्रयोग २. विवक्षित वायूचा आकार दुप्पट करण्यास त्यावरील दाब निमा केला पाहिजे, हें प्रयोगद्वारा दाखविण्यास आतां आपण यत्न करूं.

पूर्वीप्रमाणें येथेंही हा प्रयोग दाखविण्यास २ आकृति घेऊं. XY ही रुंद तोंडाची व बुडाशीं बंद अशी एक नळी आहे. (आ. ४९ पहा) AB ही याहून बारीक नळी असून A माध्यापाशीं तिला मळसूत्र आहे, हें दुसऱ्या आकृतीत दाखविलें आहे.)

दाबास तोलून धरीत आहे. हवेचा दाब पाण्यामधून B नळीच्या उघड्या तोंडातून A B नळीतील हवेवर पडत आहे. असे समजून की, हा दाब पूर्वाप्रमाणे २९ इंच पाण्याएवढाच आहे. आता बारीक नळीतील हवा प्रसरण पावून नळीतील २ या खुणेवर येईपर्यंत बारीक नळी पाण्यातून वर उचलूं. आता बारीक नळीमध्ये जी १ आकारमान हवा होती ती २ आकारमाने झाली आहे. आता तिजवर दाब किती आहे हे पाहू. बारीक नळीत पारा चढला आहे, आणि थोरल्या नळीतील C' D' पाण्याच्या उंचीवर H C' पाण्याची उंची बारीक नळीत आहे. H पासून C' D' पृष्ठभागापर्यंत जो पाण्याचा स्तंभ आहे त्यास दुसऱ्या पाण्याने तोलून धरिले नाही. म्हणून त्याचा दाब बारीक नळीतील हवेबरोबर थोरल्या नळीतील पाण्यावर दाबीत आहे, व हे दोन्ही दाब नळीबाहेरील हवेच्या दाबाने तोलून धरिले आहेत. ही जर उंची मोजली तर १४ $\frac{१}{२}$  इंच आहे असे आपणास आढळेल. यास्तव असे आपणास समजले की, नळीबाहेरील हवेचा दाब किंवा २९ इंच पारा यास १४ $\frac{१}{२}$  इंच पारा आणि A नळीतील २ आकारमाने हवेचा दाब यांनी तोलून धरिले आहे. म्हणून A मधील २ आकारमाने हवा १४ $\frac{१}{२}$  इंच पाण्याचे काम करीत आहे, किंवा तिचा दाब १४ $\frac{१}{२}$  इंच पाण्याइतका पडत आहे.

म्हणजे उष्णमान समान असता हवेचे आकारमान दुप्पट करणे झाल्यास तिचा दाब निम्मा करावा लागतो, किंवा हवेचा आकार दुप्पट झाल्यास तिचा दाब निम्मा होतो.

याप्रमाणे या दोन्ही रीतींनी म्यारिअटच्या सिद्धांताचा खरेपणा प्रयोगद्वारा स्थापित केला.

७९. दाब आणि दाढ्य—निरनिराळ्या स्थितीत वायूची दाढ्य समजण्याची आपणास पुष्कळ वेळी अपेक्षा असते. दाबाने वायूच्या दाढ्यात काय फेरफार होतो. याचा आता आपण विचार करू; आणि या प्रसंगांही इतर ठिकाणी ज्या प्रमाणे कल्पिले आहे, त्याप्रमाणे उष्णमान समान आहे असे कल्पू.

आता विवक्षित आकारमानामध्ये वायूचे जे परिमाण असते त्यावर त्याचे दाढ्ये अवलंबून असते; व त्यावरून दाढ्या मापिताही येते. विवक्षित आकारमानाच्या वायूस दाबून जर त्याचा आकार निमा केला, तर त्याचे दाढ्ये दुप्पट होते, आणि त्याच वायूचा आकार ५ पट होईपर्यंत त्यास प्रसरण होऊ दिले तर त्याचे दाढ्ये ५ पट कमी होतें; म्हणजे  $\frac{१}{५}$  राहतें. यास्तव हे उघड आहे की, दाढ्यास कोणत्याही संख्येने गुणिले तर आकारमानास त्याच संख्येने भागिले पाहिजे; आणि विवक्षित संख्येने आकारमानास गुणिले तर त्याच संख्येने दाढ्यास भागिले पाहिजे. यावरून असे निष्पन्न झाले की, दाब वाढला झणजे दाढ्ये वाढते, आणि दाब कमी झाला झणजे दाढ्येही कमी होतें.

८०. याचा अर्थ असा की, आकारमानाच्या व्युत्क्रम प्रमाणात, आणि दाबाच्या सम प्रमाणात दाढ्ये असते. दाढ्ये दर्शविण्यास ढ अक्षर घेऊ.

पूर्वी असे सिद्ध केले की,  $v \times A = n = v_0 \times A_0$ .

आता असे सिद्ध केले की,  $\frac{v}{v_0} \times A = \frac{n}{n_0} \times A_0$ .

आणि  $\frac{v}{v_0} = \frac{l}{l_0}$ .

किंवा  $\frac{v}{v_0} = \frac{l}{l_0} = \frac{v_0}{v}$ .

८१. उदाहरणें सोडविणें—दाब आणि आकारमान यांची उदाहरणें साध्या त्रै-  
राशिकाच्या उदाहरणांप्रमाणें करितात. मूळचें आकारमान व मूळचा दाब यांच्या गुणा-  
कारास नवें आकारमान किंवा नवा दाब यानें भागिलें म्हणजे दुसरें अव्यक्त समजतें.

उदाहरण १—दर चौरस इंचावर १५ पौंडांचा दाब असतां काहीं वायूचें आकार-  
मान १२ ग्यालन आहे. तर दर चौरस इंचावर ७० पौंड दाब झाल्यास त्याचें  
आकारमान काय होईल?

या स्थळां म्यारिअटच्या सिद्धांतावरून मूळच्या आकारमानापेक्षां नवीन आका-  
रमान कमी होईल; झणून:—

$$\text{उत्तर, } \frac{१२ \times १५}{७०} = \frac{१८}{७} = २\frac{४}{७} \text{ ग्यालन.}$$

उदाहरण २—जेव्हां भारमापकांतील पारा ७६० सहस्रांश मात्रा ( सश. मा. )  
उंचीवर होता, तेव्हां आक्सिजन काढिला, तो ६ लिटर भरला. तर जेव्हां भारमापक  
७२० सश. मा. वर उतरलें, तर त्या वायूचा आकार काय होईल ?

नवीन दाब कमी आहे म्हणून नवीन आकारमान मोठें होईल. झणून उत्तर =  
 $\frac{६ \times ७६०}{७२०} = \frac{१९}{३} = ६\frac{१}{३}$  लिटर.

उदाहरण ३—भारमापकांत पाण्याची उंची ३० इंच असतां विवक्षित हवेचें  
जें दाढ्य असले त्याची, त्याच हवेचें २० इंच दाब असतां जें दाढ्य होईल त्याशीं  
तुलना कर.

दाब वाढला असतां दाढ्यही वाढतें.

$$\frac{३० \text{ इंच दाब असतां दाढ्य}}{२० \text{ इंच दाब असतां दाढ्य}} = \frac{३०}{२०} = \frac{३}{२}$$

उदाहरण ४—पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर ३० इंच उंचीच्या पाण्या इतका हवेचा दाब  
असतां एका विमानांत ६ घनफूट वायू भरला, आणि नंतर ज्या ठिकाणी फक्त २० इंच  
दाब आहे, त्या ठिकाणीं विमान नेलें; तेव्हां तें बरोबर भरलें. तर पृथ्वीच्या पृष्ठभा-  
गावर विमान भरलें तेव्हां किती रिकामी जागा ठेविली होती ?

नवीन दाब कमी आहे; म्हणून नवीन आकारमान मोठें असलें पाहिजे. म्हणून  
नवीन आकारमान =  $\frac{६००० \times ३०}{२०} = ९०००$  घनइंच. यास्तव ३००० घनइंच  
जागा रिकामी सोडिली होती.

उदाहरण ५.—७६० सश. मात्रा दाब असतां काहीं हैद्रोजनाचें आकारमान ६  
घनफूट आहे. पुढें दाब बदलला तेव्हां आकारमान २६ घनफूट झालें. तर हा नवीन  
दाब किती असला पाहिजे ?

आकारमान वाढलें आहे. म्हणून दाब कमी असला पाहिजे. म्हणून उत्तर  
=  $\frac{७४० \times ६}{२६} = \frac{२२२०}{२६} = १७०.६६९$  सश. मा. दाब.

उदाहरण ६—पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर हवेचे दाढर्च १ आहे; व भारमापक ३० इंचांवर आहे. आतां एक मनुष्य विमानांतून काहीं उंचीवर गेल्यावर तेथें हवेचें दाढर्च  $\frac{1}{3}$  झालें. तर त्या वेळीं भारमापकाची उंची किती असेल ?

दाढर्च कमी झालें आहे, म्हणून दाबही कमी झाला पाहिजे.  $\therefore$  उत्तर  $\frac{30 \times 1}{3} = 10$  इंच.

टीप—या प्रकरणांत उष्णमान समान आहे, असें कल्पिलें आहे.

८२. म्यारिअटच्या सिद्धांताचा जास्त उपयोग—वरील सर्व उदाहरणें खालील सारणीनें ही सोडवितां आलीं असतां.

$$v \times A = v_0 A_0.$$

पांचव्या उदाहरणांत.

$$v_0 = ७४० \text{ सश. मा.}$$

$$A_0 = ६ \text{ घनफूट.}$$

$$A = २६ \text{ घनफूट.}$$

$$\therefore v \times २६ = ६ \times ७४०.$$

$$\therefore v = \frac{६ \times ७४०}{२६} = १७०.७६९ \text{ सश. मा.}$$

एकाच भांड्यांत निरनिराळ्या दाबांचे व निरनिराळ्या आकारमानांचे अनेक वायु मिसळले असतां त्यांस हा सिद्धांत कसा लागू होतो, तें आतां सांगतां.

एका वायूचें आकारमान  $A_1$ , दाब  $v_1$  असतां.

दुसऱ्याचें .....  $A_2$  .....  $v_2$ ...

तिसऱ्याचें .....  $A_3$  .....  $v_3$ ...

असें कल्पूं कीं, हे सर्व वायु एका भांड्यांत मिसळल्यावर त्यांचें साधारण आकारमान  $A$  होतें. व या मिश्रणाचा एकंदर दाब  $v$  होतो. तर  $v$  हा दाब  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$ , हे जे या वायूचे नवीन दाब पडतील, त्या सर्व दाबांच्या बेरजेबरोबर असेल.

हे सर्व वायु एकत्र मिसळलेले आहेत, तेव्हां प्रत्येक वायु सर्व  $A$  आकारमानांत पसरला असावा. परंतु प्रत्येक वायूचें मूळचें आकारमान लहान असेल तर त्यास  $A$  हें थोरलें आकारमान व्यापण्यास पुष्कळ प्रसरण व्हावें लागेल; आणि थोर असल्यास आकुंचित व्हावें लागेल. यास्तव दाब अनुक्रमें वाढेल, किंवा कमी होईल.

$A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  आकारमानांचें  $A$  आकारमान झाल्यास म्यारिअटच्या सिद्धांताप्रमाणें खालीं लिहिल्याप्रमाणें दाब बदलतील.

$$\left. \begin{aligned} v_1 \times A_1 &= v_1 \times A \\ v_2 \times A_2 &= v_2 \times A \\ v_3 \times A_3 &= v_3 \times A \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (१)$$

इत्यादि

या स्थळीं सर्वांचें आकारमान  $A$  हें सारखेंच आहे.

दोहों बाजूंची बेरीज करून.

$$v_1 \times A_1 + v_2 \times A_2 + v_3 \times A_3 = A (v_1 \times v_2 \times v_3)$$

$$\text{किंवा } d_1 \times A_1 + d_2 \times A_2 + d_3 \times A_3 = A \times d \dots \dots (२)$$

या स्थळीं व मिश्र केलेल्या सर्व वायूंच्या दाबाबरोबर आहे.

आ आकारमानाच्या भांड्यांत निरनिराळे वायु मिश्र केले, आणि त्यांची मूळची आकारमानें व दाब माहीत असतील तर (२) या समीकरणावरून त्या मिश्रवायूचा दाब (d) किती पडेल हें काढितां येईल; किंवा त्याचा द दाब होण्यास त्यास कोणता आकार दिला पाहिजे, हें ही काढितां येईल. (१) या समीकरणांत निरनिराळ्या वायूंचे जे नवीन दाब पडतील ते आहेत.

(२) या समीकरणाचा उपयोग दाखविण्यासाठीं आपण दोन उदाहरणें सोडवूं.

उदाहरण १—क्या भांड्याची पोकळी ६ लिटर आहे अशा भांड्यांत ३० इंच दाबाचा २ लिटर, ४० इंच दाबाचा ३ लिटर आणि १० इंच दाबाचा ८ लिटर वायु याप्रमाणें घातले, तर मिश्रणाचा दाब किती पडेल? उष्णमान समान आहे.

$$(d_1 \times A_1) + (d_2 \times A_2) + (d_3 \times A_3) = d \times A.$$

$$(३० \times २) + (४० \times ३) + (१० \times ८) = d \times ६.$$

$$\therefore d = \frac{२६०}{६} = ४३\frac{१}{३} \text{ इंच दाब.}$$

उदाहरण २—दरचौरस इंचावर २० पौंड दाबाचा ६ ग्यालन हॅड्रोजन, आणि ३० पौंड दाबाचा १० ग्यालन नैट्रोजन, १५ पौंड दाबाचा ४ ग्यालन आक्सिजन, यांस एकत्र मिसळले; आणि मिश्रणाचा दाब २५ पौंड असावा अशी इच्छा आहे, तर मिश्रणाचें आकारमान काय असलें पाहिजे? आणि हॅड्रोजनाचा नवा दाब किती पडेल.

$$(६ \times २०) + (१० \times ३०) + (४ \times १५) = २५ \times A.$$

$$१२० + ३०० + ६० = २५ \times A.$$

$$\therefore A = \frac{४८०}{२५} = १९\frac{१}{५} \text{ ग्यालन.}$$

हॅड्रोजनाचा दाब काढण्याकरितां

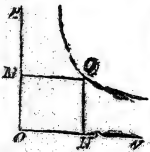
$$d_1 \times A_1 = d_2 \times A_2 \therefore ६ \times २० = d_2 \times १९\frac{१}{५}$$

$$\therefore d_2 = \frac{६ \times २०}{१९\frac{१}{५}} = \frac{२५}{४} = ६\frac{१}{४} \text{ पौंड दर चौरस इंचावर.}$$

८३. ग्यारिअटचा सिद्धांत भूमितीनें दर्शविणें—पाण्याच्या प्रसरणाप्रमाणें ग्यारिअटचा सिद्धांत भूमितीनें दाखवूं.

O P आणि O V या दोन रेषा परस्परार्शां काटकोन करणाऱ्या काढिल्या आहेत. O P र्शी समांतर मापिलेली अंतरें दाब दर्शवितात, आणि O V र्शी समांतर मापिलेली अंतरें त्यांची आकारमानें दर्शवितात, असें समजूं. तर क्या वायूचें आकारमान O N आणि दाब O M आहे, असा वायु Q बिंदु दर्शवील. QN आणि Q M हे O V आणि O P यांवर लांब काढिलेले आहेत.

आकृति ४९ ची. ग्यारिअटचा सिद्धांत  $d \times A = n$  असा आहे. त्याप्रमाणें



भिन्न भिन्न दाब असतां विवक्षित वायूच्या द्रव्यसमुच्चयाची सारणी  $ON \times OM =$  न असली पाहिजे. येथें न ही नियमित संख्या आहे.

यास्तव अनालिटिकल कामेटीवरून क विंदु हैपरबला या शंकुछिन्नावर असला पाहिजे.

### प्रकरण ४ यावर उदाहरणे.

(१). ३० इंच दाब असतां काहीं वायु ८ घन इंच आहे. तर २८ इंच दाब झाला तर त्याचें आकारमान काय होईल ?

(२). ७८० सश. मा. दाब असतां काहीं हैद्रोजन ११० घनशतांश मात्रा आहे. तर ७६० सश. मा. हा प्रमाणभूत दाब असतां त्याचें आकारमान काय होईल ?

(३) प्रमाणभूत दाबावर १०० घनशतांश मात्रा आकारमान व्हावें इतका वायु काढणें आहे. तर ४४० सश. मात्रा दाब असतां किती काढावा द्वाणजे हवा तितका होईल.

(४) भारमापकाच्या नळीत काहीं हवा राहिल्यामुळें पाण्यावरील रिक्तभाग ६ इंच उंचीचा असावयाचा तो १ इंचानें कमी होतो. आतां दाब वाढल्यामुळें पारा १ इंच चढला आहे. तर वास्तविक उंची किती कमी असेल ?

(५) भारमापकाची उंची २९.९ इंच आहे; आणि पाण्याचें विशिष्टगुरुत्व १३.५६ आहे. आणि १ घनफूट पाण्याचें वजन १००० औंस आहे. तर दर चौरस इंचावर हवेचा दाब किती पौंड असेल, तें काढ.

(६) म्यारिअट याच्या प्रयोगाच्या नळीत आरंभीं हवा ६ इंच उंचीची आहे; आणि लॉब नळीत पारा ओतल्यावर जेव्हां तीत छोट्या नळीपेक्षा २० इंच अधिक उंच पारा झाला, तेव्हां हवा ३.६ इंच झाली. तर भारमापकांतील पाण्याची त्या वेळीं उंची काय असेल ?

(७) ७०० सश. मात्रा आणि २० सश. मात्रा असे अनुक्रमें दाब असतां विवक्षित हैद्रोजनाच्या दोहों वेळच्या दादग्रांत काय प्रमाण असेल ?

(८) भारमापकांत ३० इंच उंचीचा पारा असतां एक विमान भरलें आहे. ज्या ठिकाणीं फक्त २४ इंच दाब आहे, इतक्या उंचीवर विमान नेलें तर एकंदर वायूचा कितवा हिस्सा रक्षक पडद्यांतून बाहेर जाईल, आणि मूळच्या एकंदर वायूचें वजन ३ पौंड असलें, तर किती वजनाचा वायु विमानांत राहील ?

(९) एका विमानाची पोकळी ६००० घनफूट आहे. तें विमान ज्या ठिकाणीं भारमापक ३० इंचावर आहे, त्या ठिकाणीं पृथ्वीवर (अंशतः) भरावयाचें आहे. ज्या ठिकाणीं २५ इंच हवेचा दाब आहे, तितक्या उंचीवर त्या विमानांतून जावयाचें

निरानर १० वायु भरल; १० इंच दाबाचा १० लिटर आक्सिजन; २० लिटर दाबाचा २ लिटर हॅड्रोजन; ३० इंच दाबाचा २ लिटर हॅड्रोजन; आणि दर चौरस इंचावर १६ पोंड दाब पाडणारा ४ लिटर कार्बोनिक् आसिड वायु. तर एकंदर वायूंचा भांड्याच्या बाजूवर दाब किती पडेल ?

(११) त्याच भांड्यांत दर चौरस इंचावर १० पोंड दाब पाडणारा २० घनफूट हॅड्रोजन आणि १६ पोंड दाब पाडणारा १५ घनफूट हॅड्रोजन घातला, आणि भांड्यावर २४ इंच उंचीच्या पाण्याइतका दाब पडावा अशी अपेक्षा आहे. तर भांड्याचें अंका-रमान काय असावें ?

टीप—१० व ११ या उदाहरणांत २ इंच पारा झणजे दर चौरस इंचावर १ पोंड दाब असें घेतलें असतां बस आहे.

A4

B4

८३. उद्योद्धात—उष्णमानांत फेरफार झाला असतां वायूवर काय परिणाम घडतात, याचा या प्रकरणांत विचार करूं. नंतर मागील प्रकरणांत सांगितलेल्या गोष्टीशी याची सांगड घालून उष्णमान आणि दाब या दोहोंत फेरफार झाल्यानें वायूवर काय परिणाम घडतात, तें काढूं.

उष्णमानांत फेरबदल झाल्यानें वायूचें कसें प्रसरण घडतें, याचा बारकाईनें विचार करण्यापूर्वी, वायूवर उष्णतेचे साधारण परिणाम काय घडतात, तें पाहूं.

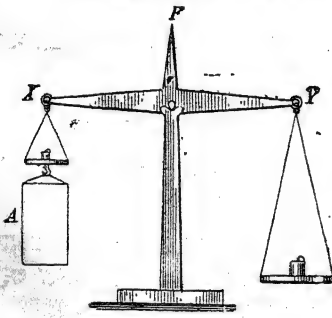
८५. वायूचें प्रसरण; उदाहरणें व व्यवहारोपयोग—घन व द्रव पदार्थांप्रमाणें वायूही उष्णतेनें प्रसरण पावतात. दोहों प्रसरणाची तुलना केली तर वायूचें प्रसरण फार जास्त असतें, असें एकदम लक्षांत येईल.

प्रयोग—एक लवचेची पिशवी थोडीशी हवेनें भरून गच्च बंद करावी. तिला उष्ण केलें झणजे ती फुगेल, व तेणेंकरून तिजमधील हवा प्रसरण पावली आहे, असें नजरेस येईल.

हवेचें उष्णमापक—पहिल्या प्रकरणांत सांगितल्याप्रमाणें फारसूक्ष्म अशी उष्णमानें मापण्यासाठीं हवेचें उष्णमापक करण्यास वायूच्या या अत्यंत प्रसरणशीलतेचा उपयोग करितात. या उष्णमापकांत २ दोष असतात. (१) हें यंत्र लहानसें व इकडे तिकडे फिरवितां येण्याजोगें नसतें. (२) हवेच्या दाबांत फेरफार झाल्यानें यांत फेरफार होतात.

लेस्लीचें अंतरदर्शक उष्णमापक—याची आकृति व वर्णन हीं प्रकरण १ यांत दिली आहेत.

८६. प्रसरणासुल्लेख दाढ्य कमी होतें—वायु प्रसरण पावला म्हणजे मूळच्या वज-



आकृति ९० वी.

नाचा वायु जास्त जागा व्यापितो. म्हणजे त्याचें आकारमान जास्त होतें. म्हणून १ घनफूट थंड हवेपेक्षा १ घनफूट उष्ण हवा वजनास कमी भरेल.

द्रवांतील प्रापणप्रवाहाविषयीं विचार करिताना जे नियम सांगितले त्या नियमांप्रमाणें उष्ण हवा थंड हवेतून वर ढकलली जाईल, किंवा ती वर चढेल.

प्रयोग.—X F Y हा एक तराजू आहे. A हें कचेंचें उलटें पंचपात्र त्याच्या एका भुजेस टांगिलें आहे. पंच-



पात्राचें तोंड खालीं करून तारांच्या योगानें हें उलटें टांगिलें आहे, व दुसऱ्या पार-  
ल्यांत वजनें व छरे घालून तराजू असा समतोल केला आहे कीं, तो हेलकावे खाऊं  
लागला तर झुन्याच्या दोहों बाजूंस सारख्या अंतरावर सरकतो.  $\Delta$  पंचपात्राच्या  
तोंडाखालीं मद्याकांचा दिवा ठेवून  $\Delta$  मधील हवेस उष्ण करूं. आतां  $\Delta$  पंचपात्र  
लाविलेली भुजा वर जाईल, व तराजूस हेलकावे दिले तर  $\Delta$  पंचपात्र हलकें झालें  
आहे असें दिसेल.

**उष्ण हवेचीं विमानें**—मागील प्रयोगांत कांचेच्या पंचपात्रावर खालून वर दाब  
पडला. पंचपात्रातील उष्ण हवेचें वजन, आणि तेवढ्याच आकाराच्या थंड हवेचें  
वजन या दोहोंच्या अंतराइतका पंचपात्रावर दाब पडला आहे. तिसऱ्या प्रकरणांत  
प्रापणाविषयी सांगतांना याविषयी स्पष्टीकरण केलेलें आहे. जर पंचपात्र फार हलकें  
असतें, उदाहरणार्थ सेनेरी वखें करणारांच्या उपयोगाकरितां बैलाच्या मूत्राशयाच्या  
तयार केलेल्या त्वचेचें केलेलें असतें, तर सभोंवतालच्या थंड व दाट हवेतून त्यास वर  
चढविण्यास ऊर्ध्वगत दाब बस झाला असता.

याच तत्वावर उष्णहवेचीं विमानें केलेलीं असतात. पातळ कागदाचीं, किंवा  
त्वचेचीं, गोल किंवा बदामी आकाराचीं  $\Delta$  आकृती सारखीं  
विमानें करितात. (आ. ५१ पहा) आणि B C तोंडासभोंवतीं  
बसण्याच्या जागा असतात, आणि तोंडाच्या मध्यभागीं बारीक  
तारांच्या जाळीचा एक पिंजरा असतो. त्यांत लांकडाच्या  
दलप्या वगैरे जाळितात. आरंभीं  $\Delta$  मधील हवेस मोठ्या वि-  
स्तवानें उष्ण करितात; आणि हवेच्या पृष्ठभागापासून वर  
गेल्यावर लांकडाच्या दलप्या जाळून हवेस उष्ण ठेवितात.

**आकृति ५१ वी.** विमानाची वर चढण्याची शक्ति खालीं लिहिल्याप्रमाणें  
कादितां येते.

$w$  = विमानाचें व त्यांत बसलेल्या उतारूचें वजन.

$w_1$  = विमानातील उष्ण हवेचें वजन.

$w_2$  = विमानांनें दूर केलेल्या हवेचें वजन. म्हणजे विमाना एवढ्या आका-  
राच्या थंड हवेचें वजन.

तर एकंदर खालून वर दाब =  $w_2$  आणि  $(w + w_1)$  यांच्या अंतराबरोबर  
असेल. कारण  $w + w_1$  हें वजन पृथ्वीच्या आकर्षणानें खालीं जाईल; आणि  
 $w_2$  हा हवेचा दाब त्यास वर दाबील. म्हणून विमानास खालीं न जाऊं देतां  
त्यास वर चढविण्याची शक्ति  $w_2 - (w + w_1)$  असेल.

विमान जसें वर चढतें, त्याप्रमाणें त्या सभोंवतालची हवा अधिक अधिक पातळ  
होत जाते, किंवा  $w_2$  ची किंमत कमी कमी होत जाते. झणून जेव्हां  $w_2 =$   
 $w + w_1$  होईल, तेव्हां विमान चढण्याचें थांबेल.

८७. **वायूमधील प्रापणप्रवाह**—जेव्हां कोणत्याही आकारमानाच्या हवेस

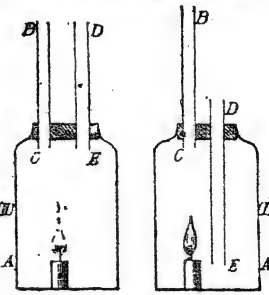
तळाजवळ उष्ण केलें, ह्मणजे थंड हवेच्या मानानें उष्ण हवेचें दाढर्य किंवा जडपणा कमी असतो; ह्मणून द्रवांत ज्या कारणानें प्रापणप्रवाह उत्पन्न होतात, त्याच कारणानें वायूमध्ये उत्पन्न होतात. हे प्रवाह उत्पन्न होण्याच्या ज्या अनेक रीति आहेत, त्यांचा आपण विचार करूं.

८८. घराच्या खोल्यांत हवा खेळणें—घराच्या खोल्यांतील हवा श्वासोच्छ्वासनास दोन कारणांनीं अयोग्य होते. (१) लोकांच्या श्वासोच्छ्वासनास, आणि (२) दिवावत्तीनें. कारण प्राणी श्वासाबरोबर हवा पोटांत घेतात, तेव्हां हवेतील आक्सिजन कमी होतो व जो वायु उच्छ्वासाबरोबर बाहेर टाकतात तो उष्ण असून त्यामध्ये कार्बो-निक आसिड वायु असतो. त्याच प्रमाणें दिवे तेवतात तेव्हां दाह्य द्रव्यें हवेतील आक्सिजनाशीं संयोग पावतात व त्यापासून उष्ण कार्बो-निक आसिड वायु उत्पन्न होतो. या दोन कारणांनीं हवा उष्ण होते, व त्याचप्रमाणें दूषितही होते. म्हणून ही वाईट हवा उष्ण असते असें समजून तिला प्रापणप्रवाहांनीं कसें बाहेर घालवावें, याचा विचार करूं.

ही दूषित हवा उष्ण असल्यामुळे खोलीच्या माथ्याकडे चढण्याचा तिचा कल असेल; यास्तव तिला बाहेर जातां यावें ह्मणून तेंथें द्वार असलें पाहिजे. परंतु आंतील हवेचा दाब बाहेरील हवेच्या दाबा इतकाच राहिला पाहिजे, म्हणून तिच्या जागीं थंड ताढ्या हवेस आंत येण्यास मार्ग ठेविला पाहिजे.

जर माथ्यावरच एक द्वार थंड हवा आंत येण्यास ठेविलें, तर जी उष्ण हवा वर चढेल, तिणें एकाच भोंकांतून बाहेर जावें, व दुसऱ्या भोंकांतून थंड हवा आंत यावी असें होणें अशक्य होईल, व यापासून दोन्ही द्वारांतून काहीं वेळ उष्ण हवेचे प्रवाह बाहेर जातील, आणि काहीं वेळ थंड हवेचे प्रवाह आंत येतील. यास्तव थंड हवेस आंत येण्यास खालच्या भागां द्वार असलें पाहिजे.

प्रयोग—A ही एक रुंद तोंडाची कुपी असून तिच्या बुडावर एक जळती मेणवत्ती आहे. बुचांत B C आणि D E ह्या दोन मोठ्या नळ्या बसवून (सुमारें पाऊण इंच व्यासाच्या) तें बूच कुपीच्या तोंडावर बसविलें आहे. प्रथम D E नळी इतकी खाली सारावी, कीं, तिचें खालचें E तोंड कुपीच्या बुडाजवळ येईल. B C नळीचें खालचें C तोंड कुपीच्या माथ्या जवळच आहे, हें बाजूवरील एका आकृतींत दाखविलें आहे. अशा स्थितींत कुपीतील मेणवत्ती संथपणें जळेल. (आ. ५२ पहा) धुमसणारा कागद नळीच्या दोहों तोंडाशीं धरिला असतां असें आपणास दिसेल कीं, B C नळींतून उष्ण हवेचा प्रवाह वर चढत आहे, आणि D E तून थंड हवेचा प्रवाह खालीं उतरत आहे.

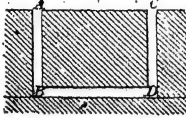


आकृति ५२ वी.

परंतु आतां जर D E नळीस वर ओढून तिचें खालचें E तोंड दुसऱ्या नळीच्या खालच्या क तोंडा इतक्या उंचीवर आणिलें, तर लागलेंच आपल्यास असें आढळेल कीं, मेणबत्ती विझते, किंवा फार मंद जळूं लागते; आणि धुमसणारा कागद नळ्यांच्या तोंडाशीं धरिला तर असें दिसेल कीं प्रवाह मुळींच नाहीत, आणि असले तर फार मंद आहेत.

[ सूचना—या प्रयोगास नळ्या घेणें त्या साधारण रुंद असल्या. परंतु फार रुंद असल्यास बुचाच्या तुकड्यांनीं अंशतः तोंडें लहान करावीं. प्रयोग चांगला चालू होण्यास नळ्यांस खालवर करून बेतावर आणणें अवश्य असतें. आणखी प्रयोगाचा दुसरा भाग करण्यापूर्वीं दोहों नळ्यांस थंड होऊं दिलें पाहिजे. नाही तर C B नळी पूर्वींच उष्ण झालेली असल्यानें प्रवाह तसेच चालू राहतात. ]

८९. खाणींत हवा खेळविणें—खाणीमध्ये एक द्वार माथ्याशीं व एक द्वार बुडाशीं अशी योजना आपणास करितां येत नाही. कारण सर्वच खाण जमिनीच्या खालीं असते. खाणींत हवा खेळविण्यास काय योजना करावी लागते, हें समजण्याकरितां खाणीच्या मुख्य भागाचें छिन्न येथें काढूं. B D हा खाणीतील एक क्षितिज पातळीशीं समांतर असा टप्पा



आकृति ५३ वी. (भोगदा) आहे, व या टप्प्यापासून लंबाकार वर आलेलीं अशीं A B आणि C D हीं दोन द्वारे आहेत. (आ. ५३ पहा) खाणीतील कोळसे काढण्याकरितां खोदलेल्या भोगद्यामध्ये वाईट हवा फार जमते, आणि या हवेचा बराच भाग साधारण हवेपेक्षां जड असल्यामुळे त्यास बाहेर घालविणें फार अवघड असतें. परंतु जर C D या एका उभ्या द्वारातील हवेस उष्ण केलें, तर ती हवा आरेंभीं सांगितलेल्या तत्त्वाप्रमाणें वर लोटली जाईल; आणि A B द्वारांनं ताजी हवा तिच्या जागीं खालीं उतरेल. म्हणून C D च्या बुडाशीं जर विस्तृत पेटविला तर खाणींत हवा खेळूं लागेल.

प्रयोग—बाजूवरील आकृतींत X Y ही एक लांब लांकडी पेटी आहे. ही



पेटी खाणीतील एक खोल भोगदा दर्शविती, असें समजू. या पेटीच्या माथ्यावर दोहों शेवटांकडे दोन भोक्के पाडलेलीं असून त्यांत दोन दिव्यांच्या चिमण्या A B आणि C D बसविलेल्या आहेत. या चिमण्या खाणीतील उभीं दोन द्वारे दर्शवितात.

आकृति ५४ वी.

प्रत्येक चिमणीच्या खालीं एकेक मेणबत्ती ठेविलेली आहे. (आ. ५४ पहा.)

आतां जर आपण A B ह्या एका चिमणीखालील मेणबत्ती पेटविली, तर पेटती लागलीच हवा खेळूं लागेल; आणि C आणि A या ठिकाणीं धुमसणारा कागद धरिला तर त्याच्या धुराच्या गतीवरून हें लागलेंच आपणास समजेल.

जर CD चिमणीखालील मेणवतीची वात कापून मंद जळण्याजोगी केली आणि पेटविली तर तिची बऱ्याच खालच्या वाजूस जाताना दिसेल.

या ठिकाणी आपण हे लक्षांत ठेविले पाहिजे की, खाण्यांत विस्तव पेटवून तीत हवा खेळविणे निर्भय किंवा कमी खर्चाचे होणार नाही. यास्तव उभ्या दारांत वाफ सोडून किंवा पंखा चालवून प्रवाह उत्पन्न करितात. वाफेचा प्रवाह हवेत सोडिला म्हणजे ती वाफ हवेत मिसळून पुष्कळ आकारमानाच्या हवेस मंद गति देते, आणि हेंतून नुसती आपणच जोराने वर चढत नाही, असा वाफेच्या आंगी धर्म आहे. म्हणून भुराड्यांत किंवा खाणीच्या उभ्या दारांत हवेचा प्रवाह उत्पन्न करण्यास हे मोठे उपयुक्त साधन आहे.

९०. धुराडी—धुराड्यांत जे हवेचे प्रवाह उत्पन्न होतात, त्यांचे कारण भुराड्याच्या सभोवतालच्या हवेपेक्षा भुराड्यातील हवा उष्ण व हलकी असते हे होय. या हवेस सभोवतालची थंड हवा वर लोटून इतर प्राणप्रवाहांप्रमाणे थंड हवा तिच्या जागी येते. परंतु नव्या हवेस तिच्या जागी येण्यास भुराड्याच्या बुडाच्या जाळीवर जो विस्तव पेटविला असतो, त्यांतून जावे लागते, यामुळे तीही उष्ण होते.

द्रवरूपी पदार्थांचा त्यांच्या गुरुत्वामुळे व्यापमार्गे खालच्या वाजूस दाब असतो, त्याचप्रमाणे वायूचा ही खालच्या वाजूस दाब असतो. मात्र हा दाब प्रयोगद्वारा सिद्ध करण्यास अशक्य जास्त अवघड जाते. हा दाब ही लंबांतर उंचीवर अवलंबून असतो.

आता उष्ण हवेस वर ढकलण्याचा जोर विवक्षित अवकाशातील थंड हवा व उष्ण हवा या दोहोंच्या अधोगत दाबाच्या अंतराबरोबर असतो. ( या ठिकाणी दर चौरस इंचावर अमुक पांदाचा दाब या अर्थाचा दाब या शब्दाचा उपयोग करीत आहो. )

व्यापेक्षा हे दोन्ही दाब भुराड्याच्या लंबांतर उंचीवर अवलंबून असतात, त्यापेक्षा अधोगत दाब म्हणजे दोहों दाबांमधील अंतरही भुराड्याच्या लंबांतर उंचीवर अवलंबून असले पाहिजे. याचा अर्थ असा झाला की, धुराड्यांत प्रवाह उत्पन्न करणारा दाब भुराड्याच्या लंबांतर उंचीच्या प्रमाणांत असतो. बांतील थंड हवा व आतील उष्ण हवा या दोहोंच्या उष्णमानांमधील अंतरावरही हा दाब अवलंबून असेल. कारण भुराड्यातील हवा जशी जास्त उष्ण होते त्याप्रमाणे ती जास्त हलकी होऊन तिचा अधोगत दाब कमी होतो.

यास्तव भुराड्यांत खूप जोराचा प्रवाह उत्पन्न होण्यास त्याची उंची फार असली पाहिजे; आणि त्यांत जो विस्तव पेटवू त्याने तिजमधील हवेचे उष्णमान फार उच्च होण्या जोगी ती अरुंदही असली पाहिजे. मोठमोठ्या कारखान्यांत व्यापिमण्या असतात, त्या साधारणपणे उंच व अरुंद असतात. आगगाड्या चालविण्याच्या वाफेच्या यंत्रांत या चिमण्या फार उंच असे शक्य नाहीत. म्हणून या यंत्राच्या दृष्ट्या सरण्याच्या नळीतून वाफ बाहेर पडत असता तिला भुराड्यांत सोडतात, तेथे करून खूप जोराचा प्रवाह उत्पन्न होतो.

खोरी वारी व मंतेलई—दुसऱ्या जास्ति विशष कारणांनी उत्पन्न झालेले वार वहन नसले, म्हणजे सूर्य जस जसा वर येतो, त्याप्रमाणे समुद्राकडून जमिनीकडे, आणि सूर्य मावळल्यावर रात्री जमिनीकडून समुद्राकडे कसा वारा वाहतो, याचा अनुभव सर्वांस असतो. कोळी लोक या वाऱ्याच्या योगाने रात्री समुद्रांत मासे मारण्यास जातात, आणि सकाळीं परत येतात, हे पुष्कळांनी पाहिले असेल.

हे वारे कसे उत्पन्न होतात याविषयी विचार करूं. सूर्याचे ऊन जमिनीवर आणि समुद्रावर सारखेंच पडतें. जमीन त्वरित उष्ण होते, आणि प्राणप्रवाह उत्पन्न होऊन तिजवरील हवाही उष्ण होते. समुद्र जलदी उष्ण होत नाही. समुद्राच्या पृष्ठभागापासून बरीच उष्णता परावर्तून पावून पुनः हवेंत पसरते, व पाण्याची वाफ होऊन तिजवरील बरीच उष्णता गुप्त होते, आणि जी कांहीं उष्णता पाण्यांत प्रवेश करित, तिच्या योगाने पाण्याचा समुदाय मोठा असल्यामुळे व त्याची विशिष्ट उष्णता फार असल्यामुळे पाण्याच्या उष्णमानांत फार थोडा फरक पडतो. झणून समुद्रावरची हवा त्या मानाने थंड राहते. समुद्रावरच्या हवेंत पाण्याची पुष्कळ वाफ बहुधा मिसळलेली असल्यामुळे, आणि ही वाफ सूर्याची बरीच उष्णता शोषण करित असल्यामुळे समुद्रावरची हवा कांहीं उष्ण होते. परंतु जमिनीवरची हवा याहून जास्त उष्ण असल्यामुळे ती वर लोटली जाऊन समुद्राकडील थंड हवा तिच्या जागी येते.

परंतु सूर्यास्त झाल्यावर रात्री जमीन आणि समुद्र दोनही आपल्यातील उष्णता विसर्जित करून थंड होऊ लागतात; आपणास विसर्जनाच्या प्रकरणांत असे समजेल की, जे पदार्थ उष्णतेचे चांगले शोषक असतात, तेच चांगले विसर्जक असतात, आणि जे मंदशोषक ते मंदविसर्जक असतात.

म्हणून जमीन शीघ्रशोषक व शीघ्रविसर्जक असल्यामुळे फार जलदी थंड होईल, आणि समुद्र मंदशोषक आणि मंदविसर्जक असल्यामुळे सावकाश थंड होईल.

पृथ्वी आणि समुद्र यांच्या संनिध असलेल्या हवेचे उष्णमान बहुतेक त्यांच्याइतकेंच होतें. म्हणून कांही वेळाने समुद्रावरील हवा जरी थंड असते, तरी जमिनीवरच्या हवेपेक्षा उष्ण राहते. झणून यावेळीं जमिनीकडून समुद्राकडे वारा वाहतो. यास मसलई म्हणतात.

हे वारे साधारणपणे निःशक्त असतात, आणि ज्यांचे पुढे वर्णन केले आहे, त्यांपुढे हे कदाचित् सर्वादा दृष्टोत्पत्तीस येत नाहीत.

९२. व्यापारीपयोगी वारे—विषुववृत्तावरील जमीन व समुद्र यांवर जे सूर्याच्या उष्णतेचे कार्य होतें, त्याच्या योगाने समुद्रातील प्रवाहांप्रमाणे हवेंतही प्रवाह उत्पन्न होऊन विषुववृत्तापासून प्रवाह वर चढून उत्तर आणि दक्षिण ध्रुवाकडे उतरतात. कारण उष्णकटिबंधांतील हवा उष्ण होऊन उत्तर व दक्षिण ध्रुवाकडून

दिशा कशा बदलतात, याचा आता विचार करू. परंतु प्रथमतः दोन भिन्न दिशांना गति असलेल्या वेगाचें एकीकरण कसें होतें, याविषयी चार शब्द लिहिले पाहिजेत. याचें स्पष्टीकरण थोडी उदाहरणें घेतल्यानें चांगलें होईल.

१. जर पावसाच्या धारा थेट लंबाकार खाली पडत असतील, आणि आपण फार जलदीनें त्यांशीं काटकोनाकार असे आडवे चालत असलों तर त्या धारा आपणावर तिरकस पडतील. ही केवळ देखतभूल नसून वास्तविक गोष्ट आहे. अशा वेळीं जर आपल्या हातांत असलेल्या लांब नळींतून पावसाच्या धारा पार खाली पडाव्या, अशी आपली अपेक्षा असेल, तर ती नळी आपणास तिरकस हातांत धरावी लागेल.

पावसाचे थेंब खाली पडण्याचा लंबोत्तर वेग याचें परिमाण व दिशा दर्शविण्यास  $OA$  रेषा घेऊं, (आ. ५५ पहा) आणि पृथ्वीच्या वेगासुद्धें अपला पुढें जाण्याचा वेग दर्शविण्यास  $OB$  रेषा घेऊं. तर  $OA$  आणि  $OB$  यांवर काढलेल्या समांतर भुजचौकोनाचा कर्ण  $OC$  ज्या प्रत्यक्ष दिशेनें व वेगानें पाऊस आपणापर्यंत येऊन पोचतो, तो वेग व दिशा दर्शवील. म्हणून आपला आडवा जाण्याचा वेग  $OB$  हा  $O$  वेगाच्या मानानें फार थोडा असेल, तर  $OC$  कर्ण  $OA$  च्या बहुतेक जवळ जवळ बरोबर असेल.

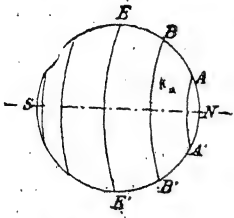


२. आपण आगगाडींतून पवास करीत असतां उब्याशीं काटकोनाकार अशा दिशेनें खिडकींतून एखादें लिंबू फेंकलें, तर तें हवेंतून तिरकस अशा दिशेनें चलन पावेल; आणि ज्या दिशेनें गाडी जात आहे, ती दिशा आणि त्या दिशेशीं लंब अशा ज्या दिशेंत आपण लिंबू फेंकलें आहे ती दिशा, या दोहोंच्या मध्ये लिंबाचा मार्ग असेल.

याप्रमाणें वेगाचें एकीकरण होत असतें.

आतां पृथ्वी आपल्या आसावर फिरते, त्याविषयी आपण थोडा विचार करू. दर २४ तासांत पृथ्वीची आपल्या आसावर एक फेरी होते. झणून पृथ्वीवरील कोणताही पदार्थ २४ तासांत एक वेळ पृथ्वीच्या आसाभोंवतीं फिरतो. जर तो पदार्थ विषुववृत्तावर असला तर त्याच्या फेर्यापासून जें वर्तूळ होतें, तें फार मोठें, झणजे सुमारे २४,००० मैल परिघाचें असतें. म्हणून तेथचा हरेक पदार्थ दर तासास १,००० मैल या वेगानें फिरत असतो. परंतु जर तो पदार्थ उत्तर किंवा दक्षिणध्रुवाजवळ असला तर आसाभोंवतीं त्याच्या फिरण्यानें २४ तासांत जें वर्तूळ होईल, तें फार लहान असेल. यावरून पृथ्वीच्या फिरण्यासुद्धें तिजवरील पदार्थ विषुववृत्तावर अतिवेगानें फिरत असनात, आणि हा वेग जसजसे पदार्थ अधिक अधिक ध्रुवाकडे असतात, त्याप्रमाणें कमी कमी होत जातो.

आता पृथ्वीच्या पृष्ठभागाजवळ असलेला कोणताही हवेचा समुदाय घेतला तर वर्ष-  
णामुळे त्यास त्या पृष्ठभागाच्या आर्गी जी गति असेल,  
तीच गति प्राप्त होईल. पृथ्वी पश्चिमेकडून पूर्वेकडे  
फिरते. म्हणून B B' (आकृति ५६ पहा) या वृत्तास-  
भोंवतालची हवा पश्चिमेकडून पूर्वेकडेच फिरत राहील.  
परंतु BB' या विषुववृत्तासभोंवतालच्या हवेपेक्षा हिचा  
वेग कमी असेल.



आकृति ५६ बी.

होऊन वर गेल्यामुळे B जवळची हवा विषुववृत्ता-  
कडे जाते. आपल्याहून पश्चिमेकडून पूर्वेकडे जास्त वेगाने फिरणाऱ्या पृथ्वीच्या  
भागावर ही हवा जाते. म्हणून ती मार्गे राहान जाईल, किंवा पृथ्वीवरील पदार्थास  
ती पूर्वेकडून पश्चिमेकडे येत आहे, असे दिसेल. परंतु ह्या गतीशिवाय उत्तरेकडून  
दक्षिणेस विषुववृत्ताकडे येण्याची गति या हवेच्या आर्गी असते, याकरिता एक पूर्व-  
कडून पश्चिमेकडे नेणारी गति आणि दुसरी उत्तरेकडून दक्षिणेकडे नेणारी गति  
या दोहों गतींचे वर दाखविल्याप्रमाणे एकीकरण होऊन या दोहोंमध्ये कोणत्यातरी  
दिशेने हवा चलून पावेळ. याच रीतीने विषुववृत्ताच्या उत्तरेस असणाऱ्या प्रदेशांत  
ईशान्यवारे वाहताना; आणि याच रीतीने विषुववृत्ताच्या दक्षिणेकडील प्रदेशांत  
आग्नेयवारे वाहताना, व यासच व्यापारोपयोगी वारे असें झणतात.

विषुववृत्तापासून जी उष्ण हवा वर जाते, ती थंड होऊन उत्तरेकडे व दक्षिणेकडे  
उतरते. ही हवा आपणाहून कमी वेगाने फिरणाऱ्या पृथ्वीच्या प्रदेशावर जाते.  
म्हणून ती आपल्या जास्त वेगाने पुढे पुढे जाईल, किंवा या कारणांमुळेच पश्चिमेकडून  
आली असें दिसेल. ही गति व विषुववृत्तापासून उत्तरेकडे जाण्याची तिची गति या  
दोहोंचे एकीकरण होऊन उच्च प्रदेशां नैर्ऋत्य दिशेने वारा वाहत आहे, असें दिसेल.

उच्च प्रदेशां उत्तर गोलार्धात नैर्ऋत्य दिशेने वाहणारे, आणि दक्षिण गोलार्धात  
वायव्य दिशेने वाहणारे वारे यांच्या दिशा ब्वालासुखी पर्वतांतून उच्च प्रदेशां उडून  
गेलेली राख व्या मार्गांनी जाते, त्यावरून स्पष्टपणे अनुभवास आल्या आहेत.

९३. वायूचा प्रसरणगुणक—वायूच्या प्रसरणाविषयी आता अधिक स्पष्ट री-  
तीने आपण विचार करू. दुसऱ्या प्रकरणांत ३१ व्या कलमांत प्रसरणगुणकाचा जो अर्थ  
व याचे जे उपयोग सांगितले ते वाचकांनी लक्षांत ठेवावे. प्रस्तुतच्या विवेचनाकरितां  
सर्व वायूंचा प्रसरणगुणक सारखाच आहे असें समजतां येतें आणि तो ३७३ किंवा  
००३६६ सरासरीने आहे.

याचा अर्थ असा की, ०° स. उष्णमानावरील १ घनफूट हवेचे उष्णमान १° स.  
पर्यंत वाढविले, तर तिचे आकारमान ३७३ घनफूट होईल, किंवा ३७३ घनफूट  
असेल. आणि जर तिला १०° स. पर्यंत उष्ण केले तर ३७३ घनफूट तिचे आकार-  
मान होईल.

होईल. उदाहरणार्थ  $0^\circ$  श. उष्णमानावर असलेल्या १ घनफूट हवेचें— $1^\circ$  श. उ-  
ष्णमान केलें तर ती  $1 - \frac{1}{273} = \frac{272}{273}$  घनफूट होईल.

१४. अपूर्णोष्माचा उपयोग न करितां प्रसरणाचा विचार.— $0^\circ$  श. उष्णमा-  
नावरील १ घनफूट किंवा १ घनइंच वायूच्या प्रसरणाचा किंवा आकुंचनाचा विचार  
करितांना  $273$ ,  $272$  इत्यादि अपूर्णोष्माचा आपणास उपयोग करणें भाग पडलें.  
परंतु जर आपण  $0^\circ$  श. उष्णमानावर  $272$  घनफूट किंवा घनइंच हें सोईचें आका-  
रमान घेतलें, तर आपणास अपूर्णोष्माचा उपयोग करावा लागणार नाही. कारण  
 $272$  चा  $273$  म्हणजे १ आहे. यास्तव  $0^\circ$  श. उष्णमानावर एकेक अंश उष्णमान  
वाढविलें तर वायु १ घनफूट किंवा १ घनइंच प्रसरण पावेल, आणि  $0^\circ$  श. खालीं  
त्यास शीत केलें, तर प्रत्येक अंशास त्याचें आकारमान १ घनफूट किंवा १ घनइंच  
कमी होत जाईल.

१५. \*हवेचें उष्णमापक, केवळ शून्य उष्णमान, आणि केवळ उष्णमान—  
वाजुवरील आकृतीत दाखविल्यासारखी क्ष बुडाशी बंद अशी एक  
Q R X लांब नळी आहे. (भा. ५७ पहा) या नळीचें बुडापासून  
सारखे भाग पाडलेले आहेत. असें समजूं कीं, हा प्रत्येक भाग एक  
घनइंचाएवढा आहे.

प्रथमतः असें समजूं कीं, नळी  $0^\circ$  श. उष्णमानावर आहे, आणि या  
नळीत काहीं हवा आहे. या हवेनें या उष्णमानावर नळीचे  $272$  भाग  
व्यापिले आहेत. ही हवा बाहेरच्या हवेपासून R या दृष्ट्यानें वेगळी  
झालेली आहे. हा दृष्ट्या गुरुत्वशून्य असून नळीच्या आतबाहेर घर्षण-  
व्यातिरिक्त सरण्याजोगा आहे. ज्या हवेविषयी आपण विचार करीत  
आहों, तिचा शेवट कोठें झाला आहे, म्हणजे ती कोठपर्यंत आहे हें  
दाखविण्याकरितां मात्र या दृष्ट्याचा उपयोग आहे.  $20$  कलमांत वर्णन  
केलेल्या हवेच्या उष्णमापकातील पाण्याचें काम हा दृष्ट्या करितां.  
परंतु पाणी, पारा किंवा मयार्क यांसारखी हवा दृश्य नाही.

जर या हवेस आपण  $1^\circ$  श. पर्यंत उष्ण केलें, तर ती प्रसरण पावून  
 $273$  भाग जागा व्यापील; जर  $10^\circ$  श. पर्यंत उष्ण केलें तर  $282$  भा.  $57$  वी.  
भाग जागा व्यापील, आणि जर  $20^\circ$  श. किंवा  $100^\circ$  श. उष्णमान कमी केलें तर  
ती  $272$  किंवा  $172$  भाग जागा व्यापील. हवा ज्याप्रमाणें प्रसरण किंवा आकुंचन  
पावेल, त्याप्रमाणें दृष्ट्या वरखालीं सहून हवा कोठपर्यंत आहे हें समजेल.

\* प्रकरण ५ याची पुरवणी अ पहा.

Q R X  
400 372  
OR 273  
X 0



आतां हें उषड आहे कीं, असे भाग पाडलेलीं व जीत  $0^{\circ}$  श. वर  $272$  भाग आकारमानाची हवा आहे, अशी ही नळी एक उष्णमापकच आहे.  $272$  वा भाग  $0^{\circ}$  श. उष्णमान दर्शवितो, आणि  $272$  आंकडा  $10^{\circ}$  श. उष्णमान दर्शवितो. एका बाजूस शतभाग उष्णमानें दर्शविण्याजोगे आंकडे मांडतां येतील, व दुसऱ्या बाजूस  $0$  पासून  $272$  पर्यंत, व पुढें  $273$ ,  $276$  इत्यादि, दुसऱ्या मानाचें उष्णमान दाखविणारे आंकडे मांडतां येतील. या दोहोंत इतकाच फरक असेल कीं, दुसऱ्या उष्णमानास— $272$  श. पासून आरंभ होईल. म्हणजे याचा — $272$  श. ठिकाणी  $0^{\circ}$  श. असेल, म्हणून ह्या दुसऱ्या कोणत्याही उष्णमानांत  $272$  वजा केल्यानें त्याच्या बरोबरीचें शतभाग उष्णमान समजेल, आणि शतभाग उष्णमानांत  $272$  मिळविल्यानें त्याच्या बरोबरीचें या दुसऱ्या मानाचें उष्णमान समजेल 'ह्या  $0^{\circ}$  उष्णमानाचा' म्हणजे— $272^{\circ}$  श. याचा अर्थ काय, याचा आपण विचार करूं,

नळांतील वायूचें एकैक अंश उष्णमान कमी केल्यानें त्याचें आकारमान एकैक भाग कमी होत जाईल. असें करितां करितां जेव्हां त्याचें उष्णमान — $272$  श. होईल, तेव्हां तो वायु सारी एक भाग जागा व्यापील; आणि जर तो वायु सारख्या मानानें नेहमी आकुंचन पावत आहे असें समजलों तर— $272^{\circ}$  श. उष्णमानावर तो वायु काहीं जागा व्यापणार नाही.

ह्या उष्णमानावर वायूचा आकार भगदीं नाहीसा होतो, तें उष्णमान काय असतें हा प्रश्न उत्पन्न होतो, सर्वकाळ वायूवर हवेचा दाब असतो, आणि हा दाब असतां वायु आपलें विद्यमान आकारमान राखितो म्हणजे त्याचें आकारमान विवक्षित असतें. वायु आणि वाफ यांच्या घटनेविषयी व स्वरूपाविषयी जी अर्वाचीन काळां कल्पना निघाली आहे तिजविषयी विवेचन करितांना पुढें आपणास असें समजेल कीं वायु हा अनेक सूक्ष्म कणांचा बनलेला असून ते कण मोठ्या वेगानें इकडे तिकडे चलन पावत असतात, आणि हे कण एकमेकांवर दाबले किंवा आपटले जाऊन त्यांच्या परस्पर प्रत्याघातानें त्यांचा दाब पडतो अशी गोष्ट नमून, ह्या भांड्यांत वायु असतो, त्यांच्या बाजूवर वायूच्या कणांचा वर्षाव होऊन एखाद्या बुरजावर तोफेच्या गोळ्यांचा वर्षाव झाल्यानें जसा दाब पडतो, त्याप्रमाणें या कणांचा भांड्याच्या बाजूवर दाब पडतो. आपणास पूर्वीं असें समजलें आहे कीं, 'उष्णता एक प्रकारची गति आहे,' आणि ह्या वेगानें हे कण चलन पावतात, आणि भांड्याच्या बाजूवर आदळतात, तो वेग उष्णमानावर अवलंबून असतो. ह्याप्रमाणें उष्णमान कमी होत जातें, त्याप्रमाणें हा कणांचा भडिमार भांड्याच्या बाजूवर कमी जोरानें होतो, आणि त्या वायूवर सर्वकाळ हवेचा दाब सारखा असतो, म्हणून त्याप्रमाणें वायूचें आकारमान त्या दाबानें कमी कमी होतें. जेव्हां वायूचा आकार मुळीच नाहीसा होतो, किंवा जेव्हां वायूचे कण भगदीं प्रत्यक्ष एकमेकांस लागून असतात, तेव्हां यावरून आपणास असें समजलें पाहिजे कीं, या वायूच्या कणांची गति भगदीं नाहीशी होते, किंवा त्या वायूचें उष्णमान वास्तवीकच शून्य होतें. दुसऱ्याही गोष्टीवरून या कल्पनेस

पुष्टीकरण येते. झणून असे अनुमान निघते कीं,—२७२ श. वर केवळ थंडी असते, किंवा २७२ °श हे केवळ शून्य उष्णमान असते, किंवा उष्णमानाचा हा खरा ०°श. होय. वर सांगितलेली ही याची पूर्ण सिद्धता नाही, हे लक्षांत ठेवावे.

शतभाग उष्णमानाच्या अंशा एवढेच अंश उष्णमापकावर मांडिले, आणि—२७२° श. उष्णमान ०° कलून आरंभ केला, तर या उष्णमानाचा २७२ वा अंश थिज्जण्याचा बिंदु दर्शवील; आणि या उष्णमानांत उणे अंश कधीच आपणास घ्यावे लागणार नाहीत. कारण केवळ शून्य उष्णमानाहून कमी उष्णमान आपणास कधीच आढळायलाचें नाही.

या रीतीने उष्णमापकावर अंश मांडिले तर या मानास केवळ उष्णमान म्हणावे व या उष्णमानाच्या अंशास दर्शविण्यास क या अक्षराचा उपयोग करावा.

९६. शतभाग उष्णमानाच्या अंशाचे केवळ उष्णमानाचे अंश करणे.— वर जें सांगितलें त्यावरून असे दिसून येईल कीं शतभाग उष्णमानाच्या अंशांत २७२ मिळविले म्हणजे केवळ उष्णमानाचे अंश निघतील. केवळ उष्णमानाचे अंश क या चिन्हांने दर्शविले तर:—

$$क = श + २७२.$$

$$श = क - २७२.$$

उदाहरणे. (१) ०°श., १०°श., १४°श., —३°श., —१२०°श. यांचे केवळ उष्णमानाचे अंश कर.

$$०°श. = (२७२ + ०) क = २७२° क.$$

$$१०°श. = (२७२ + १०) क = २८२° क.$$

$$१४°श. = (२७२ + १४) क = २८६° क.$$

$$-३°श. = (२७२ - ३) क = २७०° क.$$

$$-१२०°श. = (२७२ - १२०) क = १५२° क.$$

(२) २९०°क, २७२°क, २६०°क, ७०°क यांचे शतभाग उष्णमानाचे अंश कर.

$$२९०°क = (२९० - २७२) श = २२°श.$$

$$२७२°क = (२७२ - २७२) श = ०°श.$$

$$२६०°क = (२६० - २७२) श = -१२°श.$$

$$७०°क = (७० - २७२) श = -२०२°श.$$

९७. जेव्हां दाब बदलत नाही, तेव्हां वायूचें आकारमान केवळ उष्णमानाशी प्रमाणांत असते—पूर्वी प्रमाणें दाब बदलत नाही असे अद्याप समजलों तर असे दाखवितां येईल कीं. केवळ उष्णमानाच्या स्केलावर जर उष्णमानें मापिलीं, तर कोणत्याही वायूनें आकारमान फक्त केवळ उष्णमानाच्या प्रमाणांत असते. कारण असें समजूं कीं, —१०°श. उष्णमान असतां विवक्षित वायूचें आकारमान आपणास माहीत आहे, आणि त्याचें २०°श. उष्णमान झाल्यावर त्याचें आकारमान काय

होईल हें आपणास काढणें आहे. याचा अर्थ असा की, २६३°क उष्णमानावरील त्या वायुचा आकार आपणास माहीत आहे, आणि ३०३°क उष्णमानावर त्याचें आकारमान काय होईल, हें आपणास काढणें आहे. आतां यापैकी पहिल्या उष्णमानावर हवेच्या उष्णमापकांतील हवा २६३ भाग जागा व्यापील, आणि दुसऱ्या उष्णमानावर तीच हवा ३०३ भाग जागा व्यापील. परंतु सर्व वायु सारख्या मानानें प्रसरण पावतात, म्हणून जर दिलेला वायु २६३°क उष्णमानावर ६ ग्यालन भरेल, तर ३०३°क उष्णमानावर त्या वायुचें आकारमान किती होईल, हें त्रैराशिकानें काढितां येईल.

२६३ : ३०३ :: ६ ग्यालन : उत्तर.

काही उदाहरणें दिल्याने याचा उपयोग स्पष्ट समजेल.—वरील प्रमाण न मांडतां अपूर्णाकाच्या रीतीनें आपण उदाहरणें करूं.

### उदाहरणें.

(१) काही हैद्रोजन वायु १५°श उष्णमानावर १२ लिटर आहे; तर — १२°श. उष्णमानावर त्याचें आकारमान काय होईल ?

केवल उष्णमानाच्या प्रमाणांत आकारमान असतें म्हणून तें आतां कमी होईल.

$$\therefore \text{उत्तर} = १२ \times \frac{३६३}{३८८} = १०.८७ \text{ लिटर.}$$

$$१५^{\circ}\text{श} = २८८^{\circ}\text{क.}$$

$$-१२^{\circ}\text{श} = २६१^{\circ}\text{क.}$$

(२) १०°श. उष्णमानावर आक्सिजन वायु काढिला तो १५ लिटर भरला. तर ०°श. वर त्याचें आकारमान काय होईल ?

$$\therefore \text{उत्तर} = १५ \times \frac{२७३}{३८३} = १०.९६ = १०.९७ \text{ लिटर.}$$

$$१०^{\circ}\text{श} = २८३^{\circ}\text{क.}$$

$$०^{\circ}\text{श} = २७३^{\circ}\text{क.}$$

(३) काही वायुचें आकारमान १०°श. उष्णमान असतां ३ ग्यालन आहे. उष्णमान कमी झालें तेव्हां वायु आकुंचित होऊन त्याचें आकारमान २ $\frac{३}{४}$  ग्यालन झालें. तर हें उष्णमान काय असेल ?

केवल उष्णमानाच्या प्रमाणांत आकारमान असतें. म्हणून केवल उष्णमान काढून त्याचें शून्यभाग उष्णमान काढिलें पाहिजे. नवें उष्णमान कमी असलें पाहिजे, हें उघड आहे.

$$\therefore \text{उत्तर, क} = २८३ \times \frac{२\frac{३}{४}}{३} = २४१\frac{१}{४}^{\circ}\text{क.}$$

$$१०^{\circ}\text{श} = २८३^{\circ}\text{क.}$$

या सिद्धांतास चालेस याचा किंवा गलूझाक याचा सिद्धांत अस द्वाणतित.

९८. दाब आणि उष्णमान—ज्या भांड्याचा आकार बदलत नाही अशा भांड्यांत वायु घेऊन त्याचे आकारमान कायम ठेविले आहे, असे आता आपण समजू. भांड्यास जर उष्ण केले, तर यांतील वायूचा दाब भांड्याच्या बाजूवर वाढेल, आणि शीत केले तर दाब कमी होईल, हे आपणास माहीत आहे. जेव्हा आकारमान बदलत नाही तेव्हा दाब आणि उष्णमान यांमध्ये बरोबर संबंध काय असतो, याविषयी या कलमान विचार करू.

कलम ९५ यांत सांगितलेली नळीच आता घेऊं; आणि असे समजू की, त्या नळीत र या द्रव्याच्या खाली, हवेचा द. दाब असता काही वायु ०°श. उष्णमानावर २७३ भाग जागा व्यापीत आहे.

या ठिकाणी आकारमान कायम आहे, असे न समजता ९५ कलमान सांगितल्या प्रमाणे वायूस प्रसरण होऊ दिले, आणि नंतर त्यास मूळचे आकारमान प्राप्त होईपर्यंत आकुंचित केले, असे समजू. याचा परिणाम तोच होईल. परंतु या रीतीने उष्णमान वाढविल्यामुळे जो दाबांत फेरफार घडेल तो अभिक सोप्या रीतीने काढता येईल.

१°श. उष्णमान वाढविले म्हणजे तो वायु प्रसरण पावून २७४ भाग जागा व्यापील. याचा दाब द. आहे; या प्रसरण झालेल्या वायूस आकुंचित करून फक्त २७३ भाग जागा व्यापू दिले, तर म्यारिअटच्या सिद्धांताप्रमाणे नवा दाब  $d_2 = d_1 \times \frac{273}{274}$  होईल. कारण आकारमान २७४ भाग होतें, तें २७३ झालें आहे, म्हणून दाब वाढला पाहिजे. म्हणजे १°श. उष्णमान वाढविल्यानं आकारमान कायम ठेविले असता दाब  $\frac{273}{274}$  वाढला असें झाले. म्हणून जेव्हा आकारमान कायम असतें तेव्हा दाब कायम ठेविला असता आकारमान ज्या मानानें वाढतें, त्याच मानानें दाबही उष्णमानाबरोबर वाढतो. वरील कारणे पुनः न सांगता एकदम खालील नियम सांगण्यास काही हरकत नाही.

जेव्हा आकारमान कायम असतें, तेव्हा दाब केवळ उष्णमानाच्या प्रमाणांत असतो.

९९. उदाहरणें—काही हैड्रोजन वायु एका जाड पेटीत १३°श उष्णमानावर भरला, तेव्हा त्याचा बाजूवर दाब ५० इंच पाण्या इनका होता. पेटीचे आकारमान कायम आहे, असे समजले, तर १४°श. उष्णमानावर त्याचा दाब किती होईल?

उत्तर,  $50 \times \frac{273}{274} = 49.82$  इंच नवा दाब.

(२) १७°श. उष्णमानावर काही वायूचा दाब २८ इंच पाण्या इनका भरला. दुसऱ्या उष्णमानावर त्यावर ४२°इंच दाब घालावा लागला. तेव्हा त्याचे आकारमान पूर्वाच्या इनके राहिले. तेव्हा दुसऱ्या वेळी उष्णमान किती असेल तें सांग.

उष्णमान जास्त असेल, हें उघड आहे. प्रथमतः केवळ उष्णमानानें उदाहरण करून नंतर शतभाग अंश काढिले पाहिजेत.

$$\text{उत्तर } क = २९० \times \frac{४३}{३८} = ४३२^{\circ} क = ४३२ - २७३ = १६२ \text{ श.}$$

१००. दाब, आकारमान आणि उष्णमान—दाब, आकारमान, आणि उष्णमान निन्ही एकदम बदलतात, त्याचा आता विचार करूं. असली उदाहरणे कशी करितात, हें दाखविण्याकरिता २ उदाहरणे करून दाखवूं.

(१) ७°श उष्णमान आणि ७६० सश. मा. दाब असता कांहीं आक्सिजन वायूचें आकारमान १५ लिटर आहे. तर—८°श उष्णमान आणि ७२० सश. मा. दाब झाल्यावर त्याचें आकारमान काय होईल ?

या ठिकाणी दिलेल्या १५ लिटर आकारमानास दोन अपूर्णाकांनी गुणिलें पाहिजे; एक अपूर्णाक दाब बदलल्या बदलचा असेल, आणि दुसरा उष्णमान फिरल्याबदलचा असेल.

आता जर फक्त दाब बदलला असता, तर म्यारिअटच्या सिद्धांताप्रमाणें आपलें उत्तर  $१५ \times \frac{७२०}{७६०}$  झालें असतें. परंतु उष्णमानही बदललें आहे. म्हणून चार्लस याच्या सिद्धांताप्रमाणें आपलें शेवटलें उत्तर असें होईल.

$$१५ \times \frac{७२०}{७६०} \times \frac{३६०}{३८०} = \frac{६०३६}{३३६} = १८.९८ \text{ लिटर.}$$

(२) १८°श. उष्णमान आणि ७३० सश. मा. दाब असता कांहीं वायु काढिला तो  $५\frac{३}{४}$  लिटर भरला. तर ०°श. उष्णमानावर त्यास ४ लिटर आकाराच्या भांड्याबं दाबून भरलें तर त्याचा दाब काय होईल ?

आता जर फक्त आकारमान बदललें असतें तर म्यारिअटच्या सिद्धांताप्रमाणें आपलें उत्तर  $७४० \times \frac{५\frac{३}{४}}{४}$  झालें असतें. परंतु उष्णमानही बदलतें, म्हणून दाब आणि उष्णमान यांमधील संबंध दाखविणाऱ्या नियमाप्रमाणें आपलें उत्तर असें येईल.

$$७४० \times \frac{५\frac{३}{४}}{४} \times \frac{२७३}{२९१} = ७४० \times \frac{११}{८} \times \frac{२७३}{२९१} = \frac{३७०३७}{३८८} = ९५४.५ \text{ सश.}$$

मा. दाब.

१०१. वायूचें दाढ्य—वायूचें दाढ्य आकारमानाच्या व्युत्क्रम प्रमाणांत असतें, म्हणून दाबाच्या सम प्रमाणांत असतें; परंतु केवळ उष्णमानाच्या व्युत्क्रम प्रमाणांत असतें. हें लक्षांत ठेविलें असता दाढ्याची उदाहरणे सोडविण्यास कांहीं कठीण जाणार नाही, आणि बरील उदाहरणे सूचक होतील.

१०२. दाब, आकारमान आणि केवळ उष्णमान यांचा संबंध दाखविणारी सारणी—चार्लस याच्या सिद्धांताप्रमाणें आकारमान केवळ उष्णमानाच्या प्रमाणांत असतें. म्हणून आपणास एकदम असें लिहितां येईल.

आ ०८ क; किंवा आ = नक, किंवा  $\frac{\text{आ}}{\text{क}} = \text{न}$  (या वेळीं क किंवा दाब कायम आहे.)

यांत न संख्या कोही नियमित गुणक आहे. ७७ कलमाप्रमाणे.

आ  $\propto \frac{1}{v}$ ; किंवा आ =  $\frac{m}{v}$  ( या वेळीं केवल उष्णमान क समान आहे )

यांत म ही नियमित संख्या आहे.

या दोहोंनें एकीकरण केलें म्हणजे,

आ  $\propto \frac{m}{v} \times \frac{v}{v}$ ; किंवा  $\frac{आ.व.}{क} = म.$

$$\therefore \frac{आ.व.}{क} = \frac{आ.व.}{क.}$$

यांत आ., व., आणि क. सुळारंभींचें आकारमान, दाब आणि केवलउष्णमान दर्शवितान आणि ल ही नियमित संख्या आहे. या सारणीनें उदाहरणें करितां येतात. ही सारणी सरळ रीतीनें अशी निघते.

प्रथमतः दाब कायम राहून फक्त उष्णमान बदललें आहे असें समजून विवक्षित वायूचें आ आकारमान क उष्णमानावर आहे. आतां क उष्णमान बदलून क. उष्णमान झालें. तेव्हां आकारमान क्ष झालें आहे.

$$\therefore \frac{आ}{क} = \frac{क्ष}{क.} \therefore क्ष = \frac{आ.क.}{क}$$

आतां क. उष्णमान कायम राहून व दाब बदलून व. दाब झाला, तेव्हां आ. आकारमान होतें. तर

$$क्ष व = आ. व.$$

यांत क्ष ची वरील किंमत लिहून,

$$\frac{आ.क.}{क} \times व = आ. व.$$

$$\therefore \frac{आ.व.}{क} = \frac{आ. व.}{क.}$$

वरील दोन्ही उदाहरणें या सारणीनें करूं.

$$(१) \frac{आ.व.}{क} = \frac{आ. व.}{क.}; \frac{७२० \times क्ष}{२६५} = \frac{७६० \times १५}{२८०}$$

$$\therefore क्ष = \frac{२६५ \times ७६० \times १५}{२८० \times ७२०} = १८.१८ \text{ लि.}$$

$$(२) \frac{आ.व.}{क} = \frac{आ. व.}{क.}$$

$$क्ष \times ४ = \frac{७४० \times ५ \frac{१}{३}}{२९१}$$

$$\therefore क्ष = \frac{२७३ \times ७४० \times ११}{२९१ \times ४ \times २} = ९५४.५ \text{ सश. मा.}$$

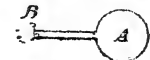
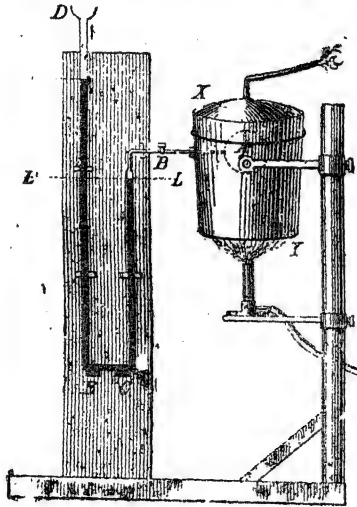
१०३. वायूचा प्रसरणगुणक काढण्याचे रेग्नाल्ड याचे प्रयोग-असे आपण पाहिले की, जर वायूने आकारमान कायम ठेविले, आणि त्याचे उष्णमान  $0^{\circ}$  श. पामून एकेक अंश वाढीत गेले, तर त्याचा दाब प्रत्येक अंशास नियमित मानाने एकसारखा वाढत जातो; आणि कलम ९८ यांत आपण सिद्ध केले की, जर म्यारिअट याचा सिद्धांत सर्वव्यापक व खरा असला तर वायूने उष्णमान एकेक अंश चढत गेले म्हणजे प्रत्येक अंशास  $0^{\circ}$  श. वरील दाबाच्या  $\frac{1}{273}$  दाब वाढत जातो. सारांश जर म्यारिअटचा सिद्धांत सर्वव्यापक व खरा असला तर आकारमान कायम असतां दाब वाढण्याचा गुणक आकारमानाच्या प्रसरणगुणाक एवढाच (दाब कायम असतां) असतो.

यास्तव या दोहोंपैकी हव्याच्या एका रीतीने प्रसरणगुणक आपणास काढितां येईल.

(१) दाब कायम ठेवून गॅलुझाक याने प्रयोग केले त्याप्रमाणे प्रयोग करून साक्षात प्रसरणगुणक काढितां येईल.

(२) किंवा रेग्नाल्ड याने तीन रीतींनी प्रसरणगुणक काढिला, त्यापैकी एक रीतीने आकारमान (बहुनेक) कायम असतां दाब वाढविण्याचा गुणक काढितां येईल. या शेवटल्या रीतीचे खाली वर्णन केले आहे.

या रीतीचे तपशिलवार वर्णन न करितां यामधील मुख्य मुख्य गोष्टींचे वर्णन करूं.



आकृति ५८ की.

A B हा एक बारिक मानेचा गोल आहे. हा गोल X Y या थोरल्या भांड्यांत असून गोलाची लांब बारिक मान भांड्यातून बाहेर आली आहे. (आ० ५८ पहा) म्यारिअटचा सिद्धांत सिद्ध करण्यास जी वाकडी नळी घेतली होती त्या प्रकारच्या B C E D नळीस गोलाची मान गच्च जोडतां येते.

A गोलांत अगदी कोरडी हवा भरण्याची आणि त्यास B C E D वा दाबमापक यंत्राशी जोडल्यावर त्यामधील हवेचे परिमाण हवेतबद्ध ठेवण्याची साधनें असतात; परंतु ती वरील साध्या आधुनीत दाखविली नाहीत.

प्रथम X Y भडिं वितळण्याबर्फांने भरून A मधील हवेचे उष्णमान  $0^{\circ}$  श. वर आणतात.

नंतर दाबमापकांत पारा भरून दोहों नळ्यांतील पारा L L' या सारख्या उंचीवर आणतात. वर निर्दिष्ट केलेल्या साधनांनी गोलातील हवेचे परिमाण जास्त

कमी करून B C E D नळीस C ठिकाणी जो काक असतो, त्यानें नळीतील पारा सोडून वर सांगितल्याप्रमाणें पारा सारख्या उंचीवर आणता येतो. ही उंची धाकट्या नळीच्या बहुतेक माध्यापर्यंत असते. ज्यापेक्षा आतां पारा सारख्या उंचीवर असतो, त्यापेक्षा धाकट्या नळीतील पाण्यावर गोलांतील  $0^{\circ}$  श. उष्णमानाच्या हवेचा जो दाब असतो, तो दुसऱ्या नळीतील पाण्यावरील हवेच्या दाबाइतका असला पाहिजे, व हा हवेचा दाब भारमापकावरून आपणास समजतो. असें समजूं कीं, हा दाब ह आहे.

नंतर X Y भाज्यांत पाणी भरून त्यास कढवितात. येणेंकरून A गोलांतील हवा प्रसरण पावते, व नळीतील पाण्यास लांब नळीत सारिते.

नंतर छोट्या नळीत पारा मूळच्या उंचीवर चढेपर्यंत D E नळीत पारा ओतित. येणेंकरून प्रसरण पावलेली हवा या दाबानें आकुंचित होऊन मूळचा गोल व त्याची नळी यांतील जागा मात्र व्यापिते.

या वेळीं कढण्याचें उष्णमान पाहतात. वातावरणाचा दाब बदलला असल्यास तोही पाहतात. समजूं कीं, तो ह झाला आहे. छोट्या नळीपेक्षा लांब नळीत पाण्याची उंची किती जास्त आहे, हें पाहून किती जास्त दाब आहे, तें काढतात. तो छ आहे असें समजूं.

यावरून इच्छित प्रसरणगुणक कसा काढितां येतो, त्याच्या आतां दोन रीति सांगूं.

(१) स्थूलमानाच्या रीतीनें, आणि (२) अगदीं सूक्ष्म मानाच्या रीतीनें.

(१) प्रयोगाचें मुख्य तत्त्व सांगण्याकरितां व हिशोबांत फार भानगड न पडण्याकरितां प्रथम असें समजूं कीं, गोलाचें आकारमान उष्णमानाप्रमाणें बदलत नाहीं. म्हणजे त्यांतील वायूचें आकारमान कायम राहतें, आणि X Y भाज्यांत जी हवा आहे त्या सर्व हवेचें उष्णमान आरंभी  $0^{\circ}$  श. व अखेरीस  $100^{\circ}$  श. असतें.

[वास्तविक म्हटलें म्हणजे उष्णमानाप्रमाणें A गोलाचें आकारमान बदलतें, व गोलाच्या बाहेर जी थोडीशी हवा नळीत असते, तिचें उष्णमान बहुतेक हवेच्या उष्णमाना इतकेंच असतें. आणि कढण्याचें उष्णमान नेहमी  $100^{\circ}$  श. असतें, याचा नेम नसतो.]

पूर्वी सिद्ध केलेल्या सिद्धांताप्रमाणें  $100^{\circ}$  श. वरील दाब  $= (1 + 100 \alpha) \times 0^{\circ}$  श. वरील दाब. यांत ग अक्षर प्रसरणगुणक दर्शवीत आहे. वर सांगितल्याप्रमाणें हें म्यारिअटच्या सिद्धांताप्रमाणें खरें आहे. प्रकरण २ यांतील शेवटला भाग पाहिला असता स्पष्ट ध्यानांत येईल. (कलम ९८ ही पहा.)

प्रयोगावरून असें कळतें कीं,

$$100^{\circ} \text{ श. वरील दाब} = \text{छ} + \text{ह}$$

$$0^{\circ} \text{ श. वरील दाब} = \text{ह}$$

$$\therefore \text{छ} + \text{ह} = (1 + 100 \alpha) \text{ ग}$$

$$\therefore 1 + 100 \alpha = \frac{\text{छ} + \text{ह}}{\text{ह}}$$

$$\therefore \alpha = \frac{1}{100} \left( \frac{\text{छ} + \text{ह}}{\text{ह}} - 1 \right)$$

या रीतीनें ग या प्रसरणगुणाची किंमत समजतें.



(२) आतां अधिक सूक्ष्म रीतीने विचार करूं, आणि A भांड्याच्या आकार-मानांत जो फेरफार होईल, तो हिशोबांत धरूं. तसेंच कढण्याचें उष्णमान  $100^{\circ}$  श. च आहे, असें न समजतां उ<sup>०</sup> आहे, असें समजू. परंतु अजूनही X Y भांड्याच्या गोलाबरोबरील चिंचोळ्या नळीतील थोड्या हवेचें आकारमान हिशोबांत धरणार नाही.

जर  $0^{\circ}$  श. उष्णमानावर A गोलाचें आकारमान आ<sub>०</sub> असेल तर उ<sup>०</sup> श उष्ण-मानावर (१ + गंड उ) आ<sub>०</sub> होईल. यांत ग हा कांचेचा घनप्रसरणगुणक आहे.

म्हणून त्या वायुचें  $0^{\circ}$  श. वर जेवढें आकारमान होतें, तेवढेंच आकारमान उ<sup>०</sup> श. उष्णमानावर नाही, व त्याचें आकारमान आ<sub>०</sub> च असतें तर त्याचा जेवढा दाब पडला असता, तेवढा दाब पडत नाही. जर त्याचें आकारमान कमी केलें, तर त्या मानानें त्याचा दाब वाढेल. म्हणून

$$\text{आ. : आ. (१ + गंड उ) :: } \left\{ \begin{array}{l} \text{प्रसरण पावलेल्या} \\ \text{A भांड्यातील ह-} \\ \text{वेचा दाब.} \end{array} \right\} : \left\{ \begin{array}{l} \text{A भांड्याचा आ-} \\ \text{कार मूळच्या इत-} \\ \text{का राहिल्यास जो} \\ \text{दाब पडेल तो.} \end{array} \right\}$$

संगितल्या पदाचा अर्थ हा कीं, आकार कायम ठेविला असतां जो दाब पडेल तो असा आहे. हाच दाब आपणास मापणें आहे. A भांडें प्रसरण पावले नाही, असें समजून जो दाब आपण मापिला तो ग + ह. आहे परंतु भांडें प्रसरण पावले आहे, म्हणून प्रसरण पावलेला आकार मूळच्याइतका आकुंचित झाल्यावर दाब किती पडेल तो काढूं.

$$\text{तो दाब} = \frac{(१ + गंड उ) \text{ आ.}}{\text{आ.}} \times (ग + ह) = (१ + गंड उ) (ग + ह)$$

$$\therefore (१ + उग) ह = (१ + गंड उ) (ह + ग),$$

$$\therefore ग = \frac{१}{उ} \left( \frac{(१ + गंड उ) (ह + ग) - ह}{ह} \right)$$

१०३. दुसऱ्या रीति: वांघासून निघालेलीं अनुमानें—रेगनाल्ड यानें दुसऱ्या रीतीनें प्रसरणगुणक काढिला. त्याच्या रीतींत आकारमान व दाब दोन्ही बदलत गेली.

परंतु सर्वांत महत्त्वाच्या अज्ञा वर सांगितलेल्या दोन रीति होत.

(१) जेव्हां दाब कायम असतो, तेव्हां आकारमानाचा खरा प्रसरणगुणक निघतो.

(२) जेव्हां आकारमान कायम असतें, तेव्हां दाबाचा खरा प्रसरणगुणक निघतो.

भ्यारिअटचा सिद्धांत अगदी खरा असला, तर हे दोन्ही प्रसरणगुणक एकच असत; परंतु वास्तविक प्रकार असा आहे कीं, भ्यारिअटच्या सिद्धांताप्रमाणें वायुचें अनेक असतें तर दाबांत जितका फेरफार व्हावा, म्हणजे आकुंचनानें जितका दाब वाढावा, त्याहून रेगनाल्ड शिवाय करून इतर सर्व वायूंचा दाब कमी वाढतो. आकारमान ज्या मानाने कमी होतें, त्या मानानें दाब वाढत नाही. म्हणून दाब कायम

## उष्णमानांत फेरफार केल्याने वायूवर परिणाम.

११

असतां वायूस प्रसरण पावूं दिलें, आणि नंतर त्यास दावानें आकुंचित करून मूलच्या आकारमानावर आणिलें, तर म्यारिअटच्या सिद्धांताप्रमाणें जेवढा त्याचा दाब वाढावा, तितका वाढत नाहीं.

विवक्षित वायूचें उष्णमान ०° हा. असतां त्याचा दाब हा० आहे. त्यास आतां १०° हा. पर्यंत उष्ण केलें तर त्याचा आकार वाढेळ. त्यावर दाब घालून त्यास मूलच्या आकारमानावर आणिलें असतां म्यारिअटच्या सिद्धांताप्रमाणें नवा दाब खालील समीकरणानें निघावा.

$$\text{दा०} = (१ + १० \text{ ग } ) \text{ हा०.}$$

यांत ग हा प्रसरणगुणक आहे. परंतु वास्तविक इतका दाब न वाढतां कमी वाढतो म्हणून नवा दाब वास्तविक असा असतो.

$$\text{दा०} = (१ + १० \text{ ग } ) \text{ हा०}$$

यांतील ग हा प्रसरणगुणक ग पेक्षां लहान आहे. म्हणजे हैद्रोजन शिवाय इतर सर्व वायूंचें आकारमान कायम असतां त्यांचा दाब वाढण्याचा गुणक, दाब कायम असतां आकार वाढण्याच्या प्रसरणगुणकापेक्षां लहान असतो.

हैद्रोजनाचा मात्र दाबाचा प्रसरणगुणक कमी न होतां वाढतो. म्हणजे ग पेक्षां ग जास्त असतो.

परंतु साधारण उष्णमानें व साधारण दाब असतांच बहुधा आपण वायूंचिपरीं विचार करितों, व अशा स्थितींत हैद्रोजन वायु अपवाद असतो. परंतु अत्यंत उष्णमान कमी केलें तर हैद्रोजनाचेंही वर्तन इतर वायूप्रमाणें घडेल, आणि ग ची किंमत ग पेक्षां कमी असेल.

१०५. कलम १०२ यांतील सारणी जास्त व्यापक करणें. ७७ कलमांतील सारणीची व्यापकता कलम ८२ यांत वाढविली; त्याचप्रमाणें येथें १०२ कलमांतील सारणीची व्यापकता वाढवूं.

वायूच्या निरनिराळ्या भागांचे दाब, आकारमानें, आणि केवळ उष्णमानें आ१, द१ क१, आ२ द२ क२, आ३ द३ क३, इत्यादि आहेत. या सर्वांस एका भाव्नांत मिसळलें तेव्हां साधारण आकारमान, एकंदर दाब, आणि साधारण केवळ उष्णमान आ, द, क झालीं.

यांस भांडजान घातल्यावर त्यांचे दाब बदलतील ते द१ द२ द३ असतील असे समजू. या सर्वांच्या वेरजे बरोबर एकंदर दाब असेल.

$$\frac{\text{आ१ द१}}{\text{क१}} = \frac{\text{आ द}}{\text{क}}$$

$$\frac{\text{आ२ द२}}{\text{क२}} = \frac{\text{आ द}}{\text{क}}$$

$$\frac{\text{आ३ द३}}{\text{क३}} = \frac{\text{आ द}}{\text{क}}$$

मांची बेरीज करून

$$\frac{आ_१ व_१}{क_१} + \frac{आ_२ व_२}{क_२} + \frac{आ_३ व_३}{क_३} इ. = (व_१ + व_२ + व_३) \times \frac{आ}{क} = \frac{आव}{क}$$

या सारणीचा कधी कधी उपयोग होतो. अखेरचे उष्णमान सहजा काढिता येत नाही. परंतु विवक्षित स्थळी त्या स्थळीचे उष्णमान येईपर्यंत वायूस ठेवावे, म्हणजे नुस्तें उष्णमापक पाहूनच केवळ उष्णमान काढिता येईल.

### प्रकरण ५ यावर प्रश्न

#### व उदाहरणे.

(जेथे दाब सांगितला नाही तेथे तो कायम आहे असे समजावे.)

(१) विवक्षित वायूचा ०°श. उष्णमानावर जो आकार असेल, त्याच्या तिप्पट आकार होण्यास त्याचे उष्णमान किती वाढविलें पाहिजे ? हे उष्णमान शतभागमान व केवळमान या दोहोंमध्ये काढ.

(२) ०°श. उष्णमानावर ६ घनफूट हैद्रोजन वायु आहे. त्यानें बरोबर ३च घनफूट जागा व्यापवी, असें मनांत आहे. तर त्याचे उष्णमान किती कमी करावे ? आणि त्याचे आकारमान ३० घनफूट होण्याकरिता किती उष्णमान चढवावे ?

(३) ०°श. उष्णमान आणि ३० इंच दाब असता वायूचे विवक्षित आकारमान आहे. जर दाब ६० इंचपर्यंत वाढविला, तर त्याचे आहे तेंच आकारमान राहण्यास उष्णमान किती वाढविलें पाहिजे ?

(४) १५°श. उष्णमान असता एका विमानांत ८,००० घनफूट वायु आहे;

(अ) जेथे ४°श. उष्णमान आहे, अशा ठिकाणी तें विमान चढलें, तर दाब समान असता विमानातील वायूचे आकारमान काय होईल ?

(ब) जर दाबही २८ इंचांपासून १८ इंचांपर्यंत कमी झाला, तर किती वायु बाहेर निघून जाईल ?

(५) ०°श. उष्णमानावर एका वायूचे आकारमान १०० घनमात्रा आहे. त्याचे उष्णमान १००°श. पर्यंत वाढविलें तर आकारमान काय होईल ?

(६) १४°श. या एकाच उष्णमानावर दोन भांड्यांत हवा आहे. परंतु एकांतील हवेचा दाब ७६२ सश. मात्रा, आणि दुसऱ्यांतील हवेचा दाब ७६५ सश. मात्रा. याप्रमाणें आहेत. प्रत्येकाचे उष्णमान ३४°श. पर्यंत चढविलें, तर दोहोंचा आकार कायम ठेविला असता कोणत्या भांड्यांतील हवेचा दाब जास्त वाढेल ?

(७) २०°श. उष्णमान आणि ७२० सश. मा. दाब असता हवेचे आकारमान १५ लीटर आहे. तर ०°श. उष्णमान ७६० सश. मा. दाब असता त्या हवेचे आकारमान काय होईल ?

(८) प्रमाणभूत दाबाचा व उष्णमानाचा ( $0^{\circ}$  श उष्णमान,  $960$  सश. मा. दाब)  $10$  लीटर हैड्रोजन तयार करावयाचा आहे. परंतु ज्या रसायनशाळेत हा वायु तयार करणार आहो, तेथेच उष्णमान  $16^{\circ}$  श आहे, व दाब  $920$  सश. मा. आहे. तर किती वायु तयार केला पाहिजे?

(९)  $0^{\circ}$  श व  $960$  सश. मा. दाब असता, एक लिटर हवेचे वजन  $1.293$  ग्राम असते. तर  $16^{\circ}$  श. उष्णमान आणि  $923$  सश. मा. दाब असता एक लिटर हवेचे वजन काय असेल?

(१०) ज्या नळीत गॅस बसणारा दंड्या आहे, त्या नळीत  $18^{\circ}$  श. उष्णमानावर काही हवा भरलेली आहे; व तिचा दाब दंड्यावर दर चौरस इंचास  $15$  पौंड या मानाने पडत आहे. या हवेस संकोचित करून तिचे आकारमान मूळच्याहून  $\frac{1}{2}$  कमी केले तेव्हा तिचे उष्णमान  $20^{\circ}$  श. होते. तर त्या हवेचा दंड्यावर दर चौरस इंचास किती पौंडांचा दाब पडेल?

(११)  $0^{\circ}$  श उष्णमान असता आणि  $960$  सश. मा. दाब असता  $1$  ग्राम हैड्रोजनाचा आकार  $11.2$  लीटर असतो. आणि  $0^{\circ}$  श उष्णमान आणि  $960$  सश. मा. दाब असता एक लीटर हवेचे वजन  $1.293$  ग्राम असते. तर  $0^{\circ}$  श वर हैड्रोजनाचे जे दादर्य असते, तितकेच दादर्य हवेचे होण्यास तिचे उष्णमान किती वाढविले पाहिजे?

(१२)  $1$ ,  $2$ , आणि  $3$  लीटर हवा  $30$ ,  $60$ ,  $90$  इंच असे अनुक्रमे दाब असता एकत्र मिसळून मिश्रणाचे आकारमान  $8$  लिटर होईपर्यंत तिला संकुचित केले आहे. तर खाली लिहिलेल्या तीन वेळी मिश्रणाचा दाब काय असेल?

(अ) जेव्हा उष्णमान समान असेल;

(ब) जेव्हा मूळचे उष्णमान प्रत्येकाचे  $50^{\circ}$  श. असेल, आणि मिश्रणाचे उष्णमान  $100^{\circ}$  श. असेल;

(क) जेव्हा मूळची तिहींची उष्णमाने  $13^{\circ}$  श.  $3^{\circ}$  श. आणि  $17^{\circ}$  श. अशी अनुक्रमे असतील, आणि मिश्रणाचे उष्णमान  $27^{\circ}$  श. असेल.

(१३)  $0^{\circ}$  श. आणि  $30$  इंच दाब असता विवक्षित आकारमानाच्या कोरड्या हवेचे वजन  $50$  ग्रेन आहे; तर  $25^{\circ}$  श. आणि  $80$  इंच दाब असता त्याच आकारमानाच्या हवेचे वजन काय होईल?

## प्रकरण ६.

### द्रवीभवन आणि घनीभवन.

१०६. **द्रवीभवन**—घन पदार्थास उष्णता लावित्याने त्याजवर दोन परिणाम घडतात असे दुनच्या प्रकरणांत आपणांस समजले. घन पदार्थाचे उष्णमान वाढते, तेव्हा त्याजवर ने प्रसरणही पावतात. उष्णतेविषयीच्या प्रस्तुतच्या कल्पनेप्रमाणे याचा अर्थ असा आहे की, पदार्थाचे कण जास्त जोरात पुढे मागे सरकू लागतात, आणि या अधिक जोराच्या चलनामुळे ते एकमेकांपासून अधिक दूर जातात.

घन पदार्थाचे चलन अधिकाधिक वाढत चालले, (म्हणजे जर उष्णमान याहून जास्त वाढेल), तर घन पदार्थाच्या कणांमध्ये जें परस्पर बंधन आहे, तें नाहींसे होऊन घन पदार्थास जास्त कमी द्रवरूप देण्यास उष्णता कारणीभूत होते.

उष्णतेच्या स्वरूपावरून असा परिणाम घडवा असे अनुमान होतें, व याचप्रमाणे प्रत्यक्ष पडून येतें. घन पदार्थाचे उष्णमान वाढवित्याने कांहीं उष्णमानावर तो पदार्थ द्रवरूप किंवा द्रव द्रवरूप धारण करितो, असा साधारण नियम आहे.

१०७. **केंद्रिक विशेष प्रसंगी घन पदार्थ एकदम वायुरूपांत जातो.** याविषयी प्रकरण १०६ मध्ये विशेष वर्णन करूं.

१०८. **द्रवीभवन होत असतां उष्णता अदृश्य होते**—उष्णमापकाची कांच फुटून गेली, त्याजवर तिच्या समोवती कांहीं आच्छादन घालून त्यासमोवती घन पदार्थाचे लहान लहान तुकडे करून दविले आणि त्यास उष्ण केलें तर पुढील परिणाम नजरेस येतो.

१०९. **द्रवीभवन होत असतां उष्णता अदृश्य होते**—उष्णमापकाची कांच फुटून गेली, त्याजवर तिच्या समोवती कांहीं आच्छादन घालून त्यासमोवती घन पदार्थाचे लहान लहान तुकडे करून दविले आणि त्यास उष्ण केलें तर पुढील परिणाम नजरेस येतो.

११०. **द्रवीभवन होत असतां उष्णता अदृश्य होते**—उष्णमापकाची कांच फुटून गेली, त्याजवर तिच्या समोवती कांहीं आच्छादन घालून त्यासमोवती घन पदार्थाचे लहान लहान तुकडे करून दविले आणि त्यास उष्ण केलें तर पुढील परिणाम नजरेस येतो.

१११. **द्रवीभवन होत असतां उष्णता अदृश्य होते**—उष्णमापकाची कांच फुटून गेली, त्याजवर तिच्या समोवती कांहीं आच्छादन घालून त्यासमोवती घन पदार्थाचे लहान लहान तुकडे करून दविले आणि त्यास उष्ण केलें तर पुढील परिणाम नजरेस येतो.

नेप्रमाणे उष्णता ही गति असून प्रवाही पदार्थ नाही. जर उष्णता प्रवाही पदार्थ असता, तर कोणत्या तरी रीतीने तो ज्ञानेंद्रियांच्या आड गेला असता, व त्याचे ज्ञान कदाचित् झाले नसते. तर प्रस्तुतच्या कल्पनेस अनुसरून या गोष्टीचे वरोवर कारण कसे काढिता येते, याविषयी विचार करूं. हे समजण्यास दुसऱ्या दोन गोष्टींचे वर्तन आपणास उपयोगी पडेल.

(१) अ ब ही एक सपाटी पानसळीत आहे; आणि प ही एक तिजवर गाडी आहे. आरंभी कोणत्या तरी शक्तीने तिला वेग दिला आहे व त्या वेगाने A, B सपाट रस्त्यावरून तिराच्या टोकाने दरीविलेल्या दिशेने चलून पावत आहे.

आकृति ५९ वी.

जर तिला मार्गात काही घर्षणाचा प्रतिबंध होत नसेल, आणि रस्ता जर पानसळीत असेल, म्हणजे तो जर सर्व आर्गी पृथ्वीच्या मध्यापासून सारख्या अनंतरावर असेल तर त्याच वेगाने गाडी पुढे जाईल. (आ. ५९ पहा.)

परंतु जर ही गाडी B C या टेंकडीपाशी आली, तर चढण्याच्या रस्त्यात जरी घर्षणाचा प्रतिबंध नसला, तरी टेंकडीवर चढत असता तिचा वेग हळू हळू कमी होत जाईल. याचे कारण काय ते पाहूं. तूर्त ह्याविषयी विशेष गहन विचार न करिता आपणास असे द्वाणता येईल की, या ठिकाणी गाडी काही काम करीत आहे; म्हणजे काही प्रतिबंधाचे अनिकषण करीत आहे, झणून तिचा वेग कमी होतो. कारण पृथ्वीच्या अभ्योमुख गुरुत्वाकर्षणाविरुद्ध आपले वजन गाडी चढवीत आहे. गाडीचा वेग कमी होतो; परंतु त्याच्या मोबदला गाडीच्या आर्गी दुसरा काही विशेष गुण येतो. पृथ्वीपासून काही उंचीवर पोचल्यावर तिचा वेग अगदी नष्ट होतो; परंतु तेथे तिला मोकळे सोंडले, तर ती आपोआप खाली उतरू लागते. पूर्वाच्या A B सपाटीवर वरून खाली उतरल्यावर तिच्या आर्गी परत मूळचा वेग येतो. म्हणून या टेंकडीवर गाडी गेली झणजे गाडीची गति नष्ट होते. परंतु तिच्या मोबदला गाडीस फायदे-दीर स्थळ प्राप्त होतें.

(२) तीर वर उडविला म्हणजे काय परिणाम घडतो, याचा विचार करूं. तीर सोडिला म्हणजे त्याच्या आर्गी अत्यंत वेग असतो. परंतु जसजसा तो वर जातो, त्याप्रमाणे त्याचा वेग कमी होत जातो; आणि काही उंचीवर गेल्यावर तो अगदी थांबतो. हवेमधून चढताना जो तिच्या घर्षणाचा त्यास प्रतिबंध होतो, तो नसता तर याहून थोड्याशा जास्त उंचीवर गेल्यावर मात्र तो तीर स्थिर झाला असता. या उदाहरणातही काम झाल्यामुळे गति नष्ट झाली : कारण निरास गुरुत्वाच्या विरुद्ध येथे वर चढावे लागले. तीर पुनः खाली उतरला झणजे त्याच्या आर्गी मूळचा वेग येतो. म्हणून जे त्यास स्थान मिळाले होते, तेथे वास्तविक त्याच्या आर्गी तितका वेग होता.

यावरून द्रवीकरणाचे स्पष्टीकरण—द्रवीभवनात उष्णता अदृश्य होते. उष्णता ही गति आहे; असे समजतात. झणून वरील उदाहरणाच्या सांग्यावरून स्वाभा-



विकच असा प्रेदन उत्पन्न होतो की, या ठिकाणीही अदृश्य झालेल्या उष्णतेच्या मोबदला कोणी काम झाले आहे की नाही ?

होय, वास्तविक काम झाले आहे. घन पदार्थाचे कण परस्परापासून दूर लोटले जाऊन त्यांनी जे एकमेकांस आकर्षून धरिले होते, ते आकर्षण नाहीसे झाले; आणि रूपांतर होऊन घन पदार्थाचा द्रवरूपी पदार्थ झाला. कलम ११४ यांत पुढे असे दाखवू की, गाडी आणि तीर यांस जसे गति नष्ट झाल्यावर फायदेशीर स्थान मिळाले, त्याचप्रमाणे येथे पदार्थास फायदेशीर स्थिति प्राप्त झाली आहे, आणि पुनः द्रवाच्या कणांस अधिक जवळ आणून त्यांस घनरूप दिले म्हणजे नष्ट किंवा अदृश्य झालेली सर्व उष्णता आपणास परत मिळते.

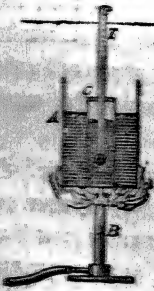
प्रथमतः घन पदार्थ विनळला झणजे उष्णता अदृश्य होते, हे दाखविण्याकरिता कोणी उदाहरणे देऊ.

१०९. द्रवीभवनांत उष्णता अदृश्य होण्याची उदाहरणे—ही गोष्ट आपणांस दोन रीतींनी दाखविता येते.

(१) घनपदार्थास उष्ण करूं व तो द्रवरूपांत जात असता त्याचे उष्णमान स्थिर राहील, किंवा उष्णमान सावकाश वाढेल असे दाखवूं. घन पदार्थांत उष्णता एकसारखी जात असता वरील प्रकार घडतो असे दाखवूं.

प्रयोग १—एका कांचेच्या पंचपात्रांत बर्फाचा चुरा भरून चुण्याच्या वरच्या भागाची चुण्यांत बुडो असे उष्णमापक त्यांत घालावे. नंतर पंचपात्राखाली दिवा ठेवावा. सर्वेक विनळेपयंत उष्णमापक ०° सा वर बहुतेक स्थिर राहील, आणि नंतर चढूं लागेल.

प्रयोग २ A या भांड्यांत थोड्या उष्णमानावर वितळणारा हीण धातु आहे. C या नळीवर पारा असून तीत त हे उष्णमापक आहे. C नळी A भांड्यांत ठेविली आहे. याचे कारण एवढेच की, जर धातूस उष्णमापकाच्या फुग्याभोवती घन होऊ दिले तर उष्णमापक फुटेल. उष्णमापक पारा असलेल्या नळीत ठेविल्याने फुटण्याचे भय न राहता उष्णमापकाने उष्णमान दर्शविले जाईल; आणि हवे तेव्हा त्यास बाहेर काढताही येईल.



आकृति ६० बी. घन पदार्थास उष्ण करूं व तो द्रवरूपांत जात असता त्याचे उष्णमान स्थिर राहील, किंवा उष्णमान सावकाश वाढेल असे दाखवूं. घन पदार्थांत उष्णता एकसारखी जात असता वरील प्रकार घडतो असे दाखवूं.

प्रयोग १—एका कांचेच्या पंचपात्रांत बर्फाचा चुरा भरून चुण्याच्या वरच्या भागाची चुण्यांत बुडो असे उष्णमापक त्यांत घालावे. नंतर पंचपात्राखाली दिवा ठेवावा. सर्वेक विनळेपयंत उष्णमापक ०° सा वर बहुतेक स्थिर राहील, आणि नंतर चढूं लागेल.

प्रयोग २ A या भांड्यांत थोड्या उष्णमानावर वितळणारा हीण धातु आहे. C या नळीवर पारा असून तीत त हे उष्णमापक आहे. C नळी A भांड्यांत ठेविली आहे. याचे कारण एवढेच की, जर धातूस उष्णमापकाच्या फुग्याभोवती घन होऊ दिले तर उष्णमापक फुटेल. उष्णमापक पारा असलेल्या नळीत ठेविल्याने फुटण्याचे भय न राहता उष्णमापकाने उष्णमान दर्शविले जाईल; आणि हवे तेव्हा त्यास बाहेर काढताही येईल.

A भांड्याखाली बनसेनचा किंवा मयार्काचा दिवा ठेवावा. दर पांच किंवा दहा सेकंदांनी उष्णमापक किती चढले आहे, हे पाहून उष्णमान कसे चढत आहे, ते नीट पाहून घ्यावे. दर दहा किंवा पाच सेकंदांच्या शेवटी उष्णमाने काय काय होतात, ते दिसून देवावे; म्हणजे असे आढळेल की, जेव्हा हीण धातु वितळून द्रवरूपांत जाऊ लागतो, तेव्हा उष्णमापक स्थिर होतो.

हे लक्षांत ठेविले पाहिजे की, बर्फ किंवा गंधक यासारखा घन पदार्थ द्रवरूपांत एकठाणी गेला, तर द्रवीभवन होत असता उष्णमान स्थिर राहतें. परंतु रूपांतर

सावकाश व हळू हळू होत असेल, म्हणजे काच, लाख, किंवा वरील हीण धातु या-प्रमाणे घन पदार्थ रबरचीत होऊन नंतर द्रवरूपांत जात असेल, तर रूपांतर होत असता उष्णमान सावकाश मात्र चढू लागते.

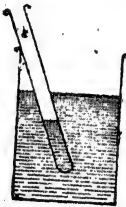
(२) द्रवीभवन होत असता जर आपण बाह्य उष्णता लाविली नाही, तर खुद्द पदार्थ किंवा त्या संनिध जो दुसरा पदार्थ असेल, तो शीत होईल; आणि येणेकरून-ही उष्णता अदृश्य होते असे दिसेल.

**प्रयोग १**—हवेच्या उष्णमापकाच्या फुग्याभोवतालच्या भांड्यांत पाणी घालून त्यांत आमोनियम नैत्रेट थोडासा घातला, तर तो पाण्यांत विद्रुत होईल. म्हणजे द्रवरूपांत जाईल, आणि यामुळे हवेचे उष्णमापक शीत झालेले दृष्टीस पडेल.

**प्रयोग २**—बर्फ आणि मीठ यांस एकत्र मिसळले, तर (पाण्यास शोषण करण्याचा व त्यांत विद्रुत होण्याचा धर्म मिठाच्या आर्गी असल्याने) मिठाच्या योगाने बर्फ वितळते. परंतु सर्व घन पदार्थांत बर्फास वितळण्यास फार उष्णता लागते. म्हणून उष्णमान इतके उतरते की, परीक्षानळीत पाणी घेऊन ती नळी बर्फ आणि मीठ यांच्या मिश्रणांत बुडवून तिजमधील पाण्यास सहज थिजविता येते.

**प्रयोग ३**—हैड्रोक्लोरिक आसिडांत सोडिअम सल्फेट त्वरित विद्रुत होतो; आणि हा घन पदार्थ विद्रुत होताना उष्णता अदृश्य होते. एका पंचपात्रांत सोडिअम सल्फेट भरून त्यांत थोडे पाणी असलेली नळी खुपसावी. नंतर सल्फेटावर हैड्रोक्लोरिक आसिड ओतवें. नंतर परीक्षा नळीने मिश्रण ढवळले तर नळीतील पाण्याचे उष्णमान उतरेल व पाणी थिजे. (येथील हवेत पाणी न थिजता त्याचे उष्णमान  $8^{\circ}$  श पर्यंत मात्र उतरते.)

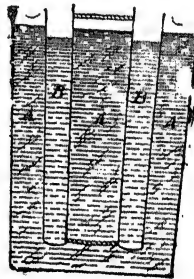
**टीप**—अगदी पातळ कांचेची नळी घेऊन थोडे पाणी घालवें, म्हणजे प्रयोग चांगला साधतो. (आ. ६९ पहा.)



आकृति ६९ बी.

११०. शीतताजनक मिश्रणांचा उपयोग—कृत्रिमरीत्या बर्फ करण्यास, दूध थिजविण्यास वगैरे शीतताजनक मिश्रणांचा व्यवहारांत उपयोग कारितात.

जो द्रव थिजवावयाचा असेल, त्याच्या वेताच्या जाडीचा थर शीतताजनक मिश्रणाच्या सन्निध ठेवावा. हालवून, ढवळून किंवा पुढे मागे सारून मिश्रणास गति दिल्याने द्रवाच्या थिजण्यास सहाय्य होते. कारण याने मिश्रणाच्या वितळण्याचे मान वाढते; (व त्यामुळे उष्णता अदृश्य होण्याचेही मान वाढते), आणि चलनाने दर वेळी, शीतताजनक मिश्रणासन्निध जो द्रव थिजवावयाचा असेल, त्याचा नवानवा भाग येतो.

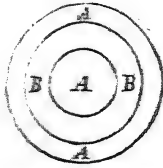


आकृति ६२ बी.

सोबनच्या आकृतीत थिजविण्याच्या एका यंत्राचे छिन्न दाखविले आहे. B B हे एक पंचपात्र आहे. दोन्ही पत्र्यांमध्ये



पाकळ जागा राहावी असे पत्रे जोडून हें भांडें केलेलें असतें व दोहीं पत्र्यांमधील पो-  
कळीन धिजण्याचा द्रव घालतात, व हें भांडें दुसऱ्या थोरल्या पंचपात्रांत ठेवितात.



यामुळे याच्या आतील व बाहेरील A A वाजूस शीतनाजनक मिश्रण असतें. भांड्याच्या विशेष आकारामुळे जें त्यांत बर्फ होतें, तें भांडें पालयें करून व त्यावर थाप मारून बर्फ काढिता येतें. (आ. ६२ पहा.)

भांडें वरून कसे दिसतें, तें या दुसऱ्या आकृतीत दाखविलें आहे. (आ. ६३ पहा.)

आकृति ६३ बी.

पुढील कोष्टक डिक्षानल याच्या पुस्तकांतून घेतलें आहे.

पदार्थ.	वजनें.	उष्णमान उतरण्याचें मान.
बर्फाचा चुरा. .... २	}	.....०°श. पासून — २१°श.
सोड. .... १		
हीम ( स्नो. ) .... ३	}	.....०°श. पासून — ४८° श.
बयान्सिभम झोराइडाचे स्फटिक ( खडे ) .... ४		
आमोनियम नैट्रेट .... १	}	..... + १०° श. पासून — १५° श.
पाणी .... १		
मोडिभमसलक्रेट .... ८	}	..... + १०° श. पासून — १७° श.
मैट्रोडोरिक आसिड. .... ५		

१११. रसायनकार्य हिशेबांत घेतलें पाहिजे. जेव्हां घन पदार्थ विलळतो, किंवा द्रवांत विद्रुन होतो, तेव्हां उष्णता अदृश्य होते, असें जें वर सांगितलें आहे, तें निःसंशय सर्व साधारणपणें खरें आहे. परंतु द्रवामध्ये घन पदार्थ विद्रुन केल्यावर जर कांहीं रसायन कार्य घडलें, तर त्यापासून कदाचित् इतकी उष्णता उत्पन्न होईल की, विलळण्यानें किंवा विद्रेदनानें उष्णता अदृश्य होऊन जी शीतता उत्पन्न होणार ती कदाचित् सुर्वीच दृष्टोत्पत्तीस येणार नाही.

रसायन कार्यापासून जी उष्णता उत्पन्न होणार ती यामुळे वास्तविक कमी होईल असा परिणाम नजरेस येईल.

११२. घनीभवनांत उष्णता दृश्य होले—आतां असें समजूं कीं द्रवरूपी पदार्थ पुनः घनरूपांत जात आहे; तर स्वाभाविकच असें अनुमान करूं कीं, द्रवीकरणांत विलकी उष्णता अदृश्य झाली होती, तेवढी पुनः दृश्य होईल. कारण जर अदृश्य झाल्यापेक्षां कमी उष्णता दृश्य झाली, किंवा सुर्वीच झाली नाही, किंवा कांहीं उष्णता अदृश्यच झाली, तर घन पदार्थास विलळवून पुनः त्या द्रवास घनरूप प्राप्त होताना ( जेव्हा विलळण्यापूर्वी जी स्थिति होती तीच स्थिति पुनः प्राप्त होताना ) कांहीं उष्णता भववी अदृश्य होईल, व निच्या मोवदला कांहीं राहणार नाही, असें घडेल, परंतु ही गोष्ट आख्या सर्व अनुभवाविरुद्ध आणि कर्तृत्वशक्तीच्या नित्यत्वाबद्दल जी

मोठा सिद्धांत आहे, त्या विरुद्धही होईल. या सिद्धांताविषयी पुढील एका प्रकरणांत विवेचन केलें आहे.

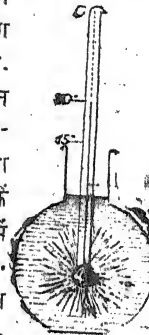
११३. तुल्यगोष्टी—आम्ही ज्या मार्गे तुल्य गोष्टी सांगितल्या, त्यावरूनही वास्तविक काय घडेल, तें समजण्यास सहाय्य होईल.

( १ ) टॅकडीवर जाऊन थांबलेल्या गाडीस पुनः खाली उतरून दिलें, तर गाडीस जें फायदेशीर स्थान मिळालें होतें, तें नाहींसें होईल; परंतु गाडीच्या आर्गी जी आरंभी गति होती, तेवढी तिला पुनः प्राप्त होईल. ( २ ) जेव्हां तीर खाली येतो, तेव्हां ज्या वेगानें तो प्रथमतः निघाला होता, नितका वेग त्यास पुनः प्राप्त होतो; परंतु फायदेशीर स्थानापासून मात्र तो भ्रष्ट होतो.

११४. वरील गोष्टीच्या स्पष्टीकरणार्थ प्रयोग—घनीभवन होताना जें घडतें त्या-विषयी हें वरील अनुमान सत्य आहे असें सहज दाखवितां येतें. सोडियमसल्फेटासारखा एकादा घन पदार्थ पाण्यांत विरघळवून त्याचा फार दाट द्रव केला, तर आपल्या पुढीलच्या प्रयोगांवरून आपणास असें निःसंशय समजलें आहे कीं, द्रवीभवन होताना उष्णता दृश्य होते, म्हणजे त्या उष्णतेनें उष्णमान वाढत नाहीं, आणि कांहीं उष्णता द्रवीकरणाचें काम करण्यांत खर्च होते. ( या ठिकाणीं घनीभवन होताना उष्णता दृश्य होते हें दृष्टीस्पर्शीस येत नाहीं; परंतु हें दाखविण्याकरितां तुमच्या प्रयोगाची योजना केली आहे. ) याप्रमाणें तयार केलेला दाट द्रव कुणीत घाळून बंद करून थंड होण्याकरितां एकीकडे ठेवावा.

हा द्रव पुनः हालविला तर फार दाट असल्यास स्फटिकीभवन पावेल; जर फार दाट नसला, तर स्फटिकीभवनास आरंभ करण्यासाठीं त्या क्षाराचा एक घन तुकडा त्यांत टाकावा लागेल. घनीभवनाच्या वेळीं उष्णता दृश्य होईल, असें अनुभवास येईल.

प्रयोग—जर सांगितल्याप्रमाणें बऱ्याच कुप्या किंवा लास्कें तयार केल्यावर ( कदाचित् प्रयोग एकांत फसल्यास दुसरे तयार असावे म्हणून ) एका लास्क्याचें जपून वृच काढातें. एक उष्णमापक घेऊन त्याचा फुगा पाण्यांत बुडवून त्यावर सल्फेटाच्या खड्यांची पूड शिवरावी. ( आ. ६४ पहा ) उष्णमापकाचें उष्णमान किती आहे तें पाहून न्याम हळू व फार जपून लास्कांतील द्रवाकें बुडवावें. फुगा त्या वरील पुढीसुद्धां द्रवांत बुडताच फुग्याभोवतीं सूचिकाकार कांड्या जमतील; आणि त्या इतक्या जमतील, व लास्कांतील द्रवाचें इतकें घनीभवन होईल कीं, त्यांच्या योगानें उष्णमापक लास्कांत उभें राहील. आणि या वेळीं उष्णमापक बरेच ( सुमारे २५° श. किंवा २०° श. पर्यंत चढेल. यावरून घनीभवनाच्या वेळीं उष्णता दृश्य होते, हें सिद्ध होईल. ) येथल्या उष्ण हवेंत सल्फेटाचा बऱ्याच दाट द्रव केला तरी स्फटिकीभवन होण्याजोगा तो शीत होत नाहीं. कृत्रिमरीत्या फार जपून करावा लागतो.



आ. ६४ वी.

११५. उष्णतेचें परिमाण आणि तें मापणें—या स्थळीं उष्णतेच्या परिमाणाचा विचार करण्यास मार्गें वळूं. उष्णमान किंवा उष्णतेचा तीव्रपणा यापासून उष्णतेच्या परिमाणाचा अर्थ अगदीं भिन्न असतो, असें प्रकरण १ यांत स्पष्ट करून दाखविलें आहे. हा वेळपर्यंत फक्त उष्णमानाविषयी विचार केला, आणि उष्णमानांत फेरफार झाल्यानें पदार्थांच्या आकारांत किंवा आकारमानांत जो फेरफार होतो, त्यावरून आपण उष्णमान मापीत गेलों. परंतु आतां आपण पाहिलें कीं, घन पदार्थ वितळून असतां कांहीं उष्णता अवृद्ध्य होते. ती किती अवृद्ध्य होते, हा स्वाभाविकच प्रश्न उत्पन्न होतो.

या प्रश्नाचें उत्तर देण्यापूर्वीं उष्णतेचें परिमाण याचा अर्थ आपण काय समजतो, तें परिमाण कसें मापवें, याचा विचार केला पाहिजे. जेव्हां आपणास लांबी मापणें असतें, तेव्हां लांबीनें कांहीं तरी एक—उदाहरणार्थ फूट—एक प्रमाण घेऊन त्याच्या किती पट ती लांबी आहे, तें काढितां. याडे, मैल इत्यादि प्रमाणें फुटावरूनच निघालीं आहेत. तसेंच एकाद्या पदार्थाचें वजन मापावयाचें असलें म्हणजे कांहीं नियमित वजनास उदाहरणार्थ एक पौंडास एक स्थानीं घेऊन त्याच्या कितीपट तें वजन आहे तें काढितां.

नद्यापि उष्णता तिच्या परिणामावरून आपणास मापिली पाहिजे.

विवक्षित परिमाणाची उष्णता, किती पौंड वर्फास वितळवूं शकेल, हें काढून, किंवा त्याच उष्णतेनें किती पौंड पाण्याचें उष्णमान  $0^{\circ}$  श. पासून  $1^{\circ}$  श. पर्यंत चढेल, हें पाहून, मापितां येईल, हें उघड आहे. एक पौंड पाण्याचें  $1^{\circ}$  श. उष्णमान वाढविण्यास जी उष्णता लागेल, ती उष्णता मापण्यास प्रमाणभूत किंवा एक स्थानीं घेऊं. आणि या उष्णतेस एक अंश उष्णता असें नांव देऊं.

टीप—प्रयोगाअंती असें समजलें आहे कीं, एक पौंड पाण्याचें  $0^{\circ}$  श. पासून  $1^{\circ}$  श. पर्यंत किंवा  $20^{\circ}$  श. पासून  $21^{\circ}$  श. पर्यंत इत्यादि किंवा  $\frac{1}{2}$  पौंड पाण्याचें  $2^{\circ}$  श. उष्णमान वाढविण्यास सारखीच उष्णता लागते.

म्हणून जर कांहीं उष्णतेनें विवक्षित पौंड पाण्याचें कांहीं शतभाग उष्णमान चढविलें असेल, तर पाण्याच्या पौंडांच्या संख्येस जितके अंश उष्णमान चढलें असेल, या अंशांच्या संख्येनें गुणिलें असतां जो गुणाकार येईल त्या संख्येनें या उष्णतेस आपणास दर्शवितां येईल.

उ० १—कांहीं उष्णतेनें ५ पौंड पाण्याचें  $6^{\circ}$  श. उष्णमान चढविलें आहे, तर ती उष्णता किती असेल ?

उत्तर  $6 \times 5 = 30$  अंश.

उ० २—कांहीं उष्णतेनें ३ औंस पाण्याचें  $2\frac{1}{2}^{\circ}$  श. उष्णमान चढविलें आहे, तर ती उष्णता किती ?

उत्तर  $3 \times 2\frac{1}{2} = 7\frac{1}{2}$  अंश.

११६. पाण्याची अनुद्धत उष्णता—०°श. उष्णमानाचें बर्फ वितळून त्याचें ०°श. उष्णमानाचें पाणी होत असता किती उष्णता अदृश्य होते, हें बरोबर रीतीने काढण्यास आतां यत्न करूं.

टीप—पूर्वी सांगितल्याप्रमाणें उष्णता खर्च होऊन बर्फाचें पाणी होईल; परंतु उष्णमान मुळींच वाढणार नाही.

प्रयोगाधारेनें असें समजलें आहे कीं, ०° श. उष्णमानाचें १ पौंड बर्फ वितळून त्याचें ०° श. उष्णमानाचें १ पौंड पाणी होण्यास जवळजवळ ८०° श. उष्णता लागते; झणजे १ पौंड बर्फास वितळवून त्याच उष्णमानाचें एक पौंड पाणी करण्यास जी उष्णता लागते, तिनें ८० पौंड पाण्याचें १° श. उष्णमान चढेल; किंवा १ पौंड पाण्याचें ८०° श. किंवा २ पौंड पाण्याचें ४०° श. उष्णमान चढेल.

ही गोष्ट नेहमी थोडक्यांत खाली लिहिल्याप्रमाणें दर्शवितात.

“पाण्याची अनुद्धत उष्णता ८० आहे.” हें प्रयोगानें कसें काढितात, तें विशिष्ट उष्णतेच्या प्रकरणांत पुढें सांगितलें आहे.

उदाहरण १—जर आपण ८०° श. उष्णमानाच्या १ पौंड पाण्यांत किंवा ४०° श. उष्णमानाच्या २ पौंड पाण्यांत ०° श. उष्णमानाचें १ पौंड बर्फ वितळविलें तर सर्व पाणी अखेरीस ०° श. उष्णमानाचें होईल. कारण या सर्व ठिकाणीं १ पौंड बर्फ वितळण्यांत ८०° श. उष्णता खर्च होते.

उ० २—पाणी भगदीं शांत ठेवून व दुसरी खबरदारी घेऊन त्यास ०° श. उष्णमानाहून कमी उष्णमानावर थिजूं न देतां नेतां येतें. परंतु त्या पाण्यास यत्किंचित् हालविलें किंवा त्यांत बर्फाचा लहानसा खडा टाकिला, तर त्यानें तें थिजूं लागतें. परंतु जी प्रत्येक भाग थिजतो, त्यांतून काहीं उष्णता बाहेर पडते. म्हणून वस्तुतः थोडेसें पाणी मात्र थिजेल, हें उघड आहे. पुढील उदाहरणांचा विचार करूं.

(अ) १ पौंड पाण्यास त्याचें—१०° श. उष्णमान होईपर्यंत शांत करून नंतर त्यास हालविलें, तर किती पाणी थिजेल? सर्व पाण्याचें ०° श. पर्यंत उष्णमान चढविण्यास जितकी उष्णता लागेल, तितकी उष्णता मुक्त करण्यापुरतें मात्र पाणी थिजेल. याहून जास्त किंवा कमी थिजणार नाही, हें उघड आहे.—१०° श. उष्णमानाच्या १ पौंड पाण्यास ०° श. उष्णमानापर्यंत चढविण्यास दहा अंश उष्णता लागेल. इतकी उष्णता  $\frac{१०}{१०}$  पौंड किंवा २ औंस पाणी थिजल्यानें बाहेर पडेल.

(ब) हालविल्यानें सर्व पाणी थिजावें अशी अपेक्षा असल्यास १ पौंड पाण्याचें उष्णमान ०° श. खाली किती उतरविलें पाहिजे? —८०° श. पर्यंत उतरविलें पाहिजे हें उघड आहे, कारण १ पौंड पाणी थिजल्यानें ८०° श. उष्णता बाहेर पडेल, व तिनें सर्वांचें उष्णमान ०° श. पर्यंत चढेल.

११७. पाण्याच्या मोठ्या अनुद्धत उष्णतेचें स्पर्शित महत्त्व—पाण्याची अनुद्धत उष्णता मोठी आहे, झणून त्यापासून स्पर्शिक्रमांत मोठी महत्वाची कार्ये होतात.

प्रत्येक पौंड पाण्याचें ०° श. उष्णमान झाल्यावर त्याचें बर्फ होण्यास त्यांतून ८०

भंडा उष्णता जावी लागते. यामुळे थंड देशांतील नद्या व सरोवरे फार सावकाश थिजतात. एकाद्या सरोवराच्या सर्व पृष्ठभागाचे उष्णमान जरी  $0^{\circ}$  श. पर्यंत उतरलें तरी त्याचे बर्फ होण्यास प्रत्येक पौंडांतून  $40^{\circ}$  श. उष्णता बाहेर गेली पाहिजे, म्हणून ज्या खोलीचे पाणी थिजतें, ती खोली फार थोडी असते. परंतु जर पाण्याची अनुद्गृत उष्णता थोडी असती, तर फार खोलपर्यंत पाणी थिजत गेलें असतें.

तसेच जेव्हां वितळण्याची क्रिया चालते तेव्हां  $0^{\circ}$  श. उष्णमानाचे प्रत्येक पौंड बर्फ वितळून त्याचे  $0^{\circ}$  श. उष्णमानाचे पाणी होण्यास त्यास  $40$  अंश उष्णता मिळावी लागेल. पाण्याची अनुद्गृत उष्णता फार थोडी असती तर बर्फ जलद वितळण्यानें मोठे भयंकर व प्रलयकारक पुर आले असते. अतिशय हीम ( स्नो ) पडल्यावर तें वितळूं लागलें म्हणजे जो प्रलय होतो, त्याहून हा प्रलय जबर झाला असता.

११८. घनीभवनाचे वेळीं आकारमानांत फेरफार—द्रवरूपांतून घनरूपांत पदार्थ जात असतां त्याच्या आकारमानांत नेहमी फेरफार होतो. कित्येक पदार्थ—उदाहरणार्थ पाणी—द्रवरूपांतून घनरूपांत जातांना प्रसरण पावतात, आणि मेणासारखे कित्येक पदार्थ यांच्या उलट आकुंचन पावतात.

पाण्याचे बर्फ होताना कसा फेरफार होतो, तें पाहू.  $0^{\circ}$  श. उष्णमानाचे  $80$  घनइंच पाणी असलें, आणि थिजून त्याचे  $0^{\circ}$  श. उष्णमानाचे बर्फ झालें, तर त्याचे आकारमान  $82$  घनइंच होतें. म्हणजे पाणी आपल्या आकाराच्या  $\frac{2}{80}$  प्रसरण पावतें.

म्हणून पाण्यानें भरलेल्या भांड्यांतील पाणी थिजलें म्हणजे मात्र भांडी फुटतात. हें फुटणें बरबर पाहणारास तें बर्फ पुनः वितळलें म्हणजे मात्र कळतें. म्हणून थंड देशांत हीम वितळूं लागतें तेव्हां पाण्याचे नळ फुटतात. असें म्हणतात तें बरोबर नाहीं.

कित्येक येथे मेजर बुइल्यम्स यानें जे प्रयोग केले, ते फार प्रसिद्ध आहेत. १२ इंच व्यासाचे लोखंडी तोफेचे पोकळ गोळे पाण्यानें भरून त्यांच्या तोंडावर घट लाकडी गुडद्या मारिल्या, आणि घराबाहेर त्यांस अति नीच उष्णमान देण्याकरितां शीतनातनक मिश्रणांत ठेविलें. कित्येक गोळ्यांच्या गुडद्या जोरानें बाहेर उडाल्या. त्या मागून वताच्या नळकांड्या बाहेर आल्या. दुसऱ्या कित्येक गोळ्यांत त्यांच्या बाजू चिरल्या, व त्या चिरांतून बर्फ बाहेर आलें.

प्रयोग १.—पाण्यावर बर्फ तरतें यावरून पाण्याचे बर्फ होताना पाणी प्रसरण पावतें, हें स्पष्ट दिसतें. प्रापणप्रवाहाविषयी सांगतांना जो याचा मागें विचार केला त्यावरून हें स्पष्ट होतें.

प्रयोग २.—ओतीव लोखंडाच्या गच्च रूंद वसणाऱ्या छोद्या नळ्या बायत्या याच प्रयोगाकरितां विकृत मिळतात; तसली नळी घेऊन पाण्यानें भरली, आणि तोंडाचा रूंद गच्च वसवून तिला बर्फ आणि मीठ यांच्या मिश्रणांत टाकिलें, तर काहीं वेळानें पाण्याचे बर्फ झाल्यामुळे दाचानें नळी फुटेल.

११९. मेणाचें उदाहरण—कित्येक द्रव घन झाल्यावर कमी जागा व्यापितात. ज्या पोटण्या मेणाच्या मेणवत्या करितात, त्याचे वतन असें घडतें. हें पुढील रीतीनें दाखवितां येतें.

**प्रयोग**—एक कांचेचे पंचपात्र घेऊन ते पाण्याने भरवि. आणि त्यावर काही वितळलेले मेण ओतावे. मेण थिजेल आणि त्याची वडी पंचपात्रापेक्षा कमी व्यासाची बनेल. कारण तिला पंचपात्रांतून सहज बाहेर काढता येईल. जेव्हा प्रथम वितळलेले मेण पंचपात्रांत ओतिले तेव्हा खचित ते या बाजूपासून त्या बाजूपर्यंत पसरले होत. परंतु आता त्याची वडी पंचपात्रांतून वर सहज निघते. यावरून घनीभवनाचे वेळी ते आकुंचन पावले यांत शंका नाही.

१२०. घनीभवनाचे किंवा थिजण्याचे उष्णमान—“पाण्याचा थिजण्याचा बिंदु किंवा थिजण्याचे उष्णमान” असे आपण म्हणतो. याचा गणितीय असा समजतो की, हे उष्णमान नियमित असते. तथापि कलम ११६ यांत सांगितले की, थोडे जपले ह्मणजे ०° श. पेक्षा कमी उष्णमानावर पाण्यास न थिजु देता नेता येते. परंतु ज्या उष्णमानावर बर्फ वितळते ते उष्णमान किंवा जेव्हा बर्फाच्या सन्निध पाणी असते, तेव्हा ज्या उष्णमानावर पाणी थिजते ते उष्णमान नियमित असते. म्हणून ‘बर्फाचा वितळण्याचा बिंदु’ किंवा ‘बर्फासन्निध असलेल्या पाण्याचा थिजण्याचा बिंदु’ असे म्हणणे अधिक बरोबर होईल.

कोणताही द्रव घनीभवनाच्या उष्णमानावर असता त्यांत त्याचा घनतुकडा असला तर त्याने तो द्रव थिजतो; आणि अशा वेळी घनीभवनाचे उष्णमान नियमित व ठाम असते.

तसाच प्रकार पाण्यांत घन पदार्थ विद्रुत करून केलेल्या द्रवाचा होतो. सोडिअम सल्फेटाचा द्रव मागे एका प्रयोगांत घेतला तेव्हा एका विवक्षित उष्णमानावर स्फटिकीभवन सुरू झाले असे घडले नाही. परंतु त्या द्रवांत सोडिअम सल्फेटाचा एखादा खडा असला तर त्याचे स्फटिकीभवन सुरू होते.

१२१. बर्फाच्या वितळण्याच्या उष्णमानावर किंवा पाण्याच्या थिजण्याच्या उष्णमानावर रावाचा परिणाम.—आपणास असे माहीत आहे की, पाण्यास थिजवावयाचे असले ह्मणजे त्याचे उष्णमान आपणास कमी करावे लागते. तसेच असेही आपणास माहीत आहे की, पाण्याचे बर्फ झाल्यावर त्याचे आकारमान वाढते; ह्मणून स्वाभाविकच आपणास असे अनुमान करिता येते की, पाणी शीत झाल्यावर त्याचे आकारमान वाढण्यास जर आपण प्रतिबंध करू, किंवा पाण्याचे बर्फ होण्यास काही अडथळा करू, तर जेव्हा आकारमान वाढण्यास प्रतिबंध नसतो, तेव्हापेक्षा पाण्याचे बर्फ करण्यास त्याचे उष्णमान जास्तकमी करावे लागेल.

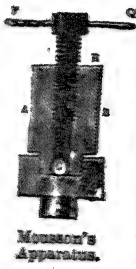
आता शीत केलेल्या पाण्यावर पुष्कळ दाब घालून त्याचे आकारमान वाढण्यास जर आपण प्रतिबंध करू, तर वर जे सांगितले त्यावरून असे अनुमान निघते की, दाब वाढविल्याने पाण्याचे थिजण्याचे उष्णमान ०° श. पेक्षा कमी होईल.

प्रोफेसर जेम्स टॉमसन याने असे दाखविले आहे की, असे घडले नाही तर कर्तुत्व-शक्तीच्या नियमांचे तत्व खरे होणार नाही. परंतु हा विचार येथे करण्यास फार गहन आहे.



जर आपल्या जवळ काही आयर्न बर्फ असले, आणि त्यावर जर जास्त दाब घातला, तर त्याचे आकारमान कमी होईल. बर्फाचे पाणी झाल्याने आकारमान कमी होतं. म्हणून जर दाब बराच असला, आणि  $0^{\circ}$  श. उष्णमानाहून फार कमी उष्णमानावर बर्फ नसले, तर बर्फ केवळ दाबाने वितळेल; म्हणजे दाब वाढविल्याने बर्फाचे वितळण्याचे उष्णमान कमी होईल.

१२२. हें सिद्ध करण्याकरितां प्रयोग—मोसन यानें पुढील रीतीनें या गोष्टीची सत्यता दाखविली आहे. A B हें एक फार बळकट असें पोलादी भांडें आहे. याचा पोकळ भाग नळीच्या आकाराचा असून त्यांत बरोबर बसणाऱ्या P Q R या मोठ्या मळसूत्रानें तो बंद केलेला आहे. स्क्रू काढून पोकळीत पाणी भरावें, आणि C हा तांब्याच्या पत्र्याचा तुकडा त्यांत टाकावा. नंतर स्क्रू फिरवून पाण्याच्या पृष्ठभागापर्यंत त्यास न्यावें, आणि नंतर सवें भांडें— $15^{\circ}$  श. या नीच उष्णमानावर आणावें. येणेकरून पाणी थिजतें; व ही गोष्ट भांडें उलटें करून व स्क्रू काढून दाखविता येते. कारण तांब्याच्या पत्र्याचा तुकडा बर्फाच्या नळकंड्याच्या दुसऱ्या शेवटावरच असतो.



आकृति ६५ बी. दाप असतो. परंतु आतां जर स्क्रू फिरवून बर्फावर खूप दाब घातला, (हवेच्या हजारपट सुद्धा यानें दाब घालता येतो) तर बर्फ वितळेल. ही गोष्टही भांडें उलटें करून व स्क्रू काढून दाखविता येते. कारण या वेळीं C तांब्याचा तुकडा B स्क्रूवर असतो.

टीप—स्क्रू काढिला म्हणजे पाण्याचे पुनः बर्फ होतें. सवें यंत्राचे उष्णमान सुमारें  $-10^{\circ}$  श. किंवा त्या सुमाराचें असले तर मात्र स्क्रू काढतांच पाण्याचे पुनः बर्फ होतें. म्हणून बर्फ खरोखर वितळले होतें, हें दाखविण्यासाठीं या तांब्याच्या तुकड्याची बकरी लागते.

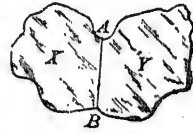
१२३. सव्यानें बर्फाचे पाणी झाले तर त्याचे उष्णमान  $0^{\circ}$  श. पेक्षां कमी असतें—द्रवीकरणान उष्णता अदृश्य होते, असा जो नियम पूर्वी सांगितला, त्यास बर्याच प्रयोगाने वाच येत नाहीं. उदाहरणार्थ  $0^{\circ}$  श. उष्णमानाचे बर्फ दाबाने वितळले तर काही उष्णता अदृश्य होते, आणि म्हणून जें पाणी बनतें, त्याचे उष्णमान  $0^{\circ}$  श. हून कमी असतें. यास्तव दाब काढतांच हें पाणी पुनः थिजण्याच्या स्थितीत असतें. परंतु वास्तविक अशी गोष्ट फक्त अंशतः घडते. कारण प्रत्यक्ष प्रयोगांत ज्या यंत्रांत प्रयोग केला असले, त्याच्या द्रव्यापासून व दुसऱ्या पदार्थापासून वहनाने काही उष्णता पाण्यानें सोपण केलेली असते.

१२४. रेगेलेझन किंवा बर्फाचे तुकडे चिकटणे—बर्फाचे दोन तुकडे एकमेकांवर दाबिले, किंवा त्यांस एकमेकांजवळ नुसतें धरिलें तरी त्यांच्या पृष्ठभागावरील पाणी थिजून ते एकमेकांस चिकटतात. या चमत्कारिक कुतूब रेगेलेझन असें म्हणतात. प्रथमतः याची काही उदाहरणे देऊन नंतर याची कारणे सांगूं.

प्रयोग (१)—एका सांच्यात बर्फाचे तुकडे घालून त्यावर हवा तितका दाब घातला, तर त्या सर्वांचा मिळून सांच्याच्या आकाराचा एकच गोळा होतो.

प्रयोग (२)—थंड पाण्यावर किंवा गरम पाण्यावर बर्फाचे तुकडे तरंगत असले आणि त्यांचा एकमेकांस स्पर्श झाला, ह्याणजे ते परस्परांस चिकटतात. म्हणून एका तुकड्यास धरून त्याच्यामागून पाण्याच्या पृष्ठभागावर दुसऱ्या तुकड्यास ओढता येतें. वरील गोष्ट घडण्याची दोन कारणे असावीं असे दिसतें.

(१) बर्फाच्या तुकड्याचा अंतरभाग बहुतकरून  $0^{\circ}$  श. पेक्षा कमी उष्णमानाचा असावा. ह्यापून बर्फाचे २ तुकडे एकमेकांस लावून ठेविले, तर आकृतीतील A पासून B पर्यंत त्यांचे जे पृष्ठभाग परस्पर सन्नधि आहेत, त्यावर बाहेरील हवेचें उष्णताजनक कार्य होत नाहीं. (आ. ६६ पहा) X व Y या तुकड्यांचे अंतरभाग  $0^{\circ}$  श. पेक्षा कमी उष्णमानाचे असल्यामुळे ते वहनाचें पृष्ठभागांतील उष्णता नेनील. येणेंकरून A B भागाचें आकृति ६६ वी. लोकरच  $0^{\circ}$  श हून कमी उष्णमान होईल. म्हणून पृष्ठभागां जे पातळ पाण्याचें कवच असेल, तें थिजेल, आणि ज्या ठिकाणी बर्फाचे तुकडे फार सन्नधि आहेत, ते या मुळे एकमेकांस चिकटतील.



जरी बर्फाचें उष्णमान  $0^{\circ}$  श वरच असलें, किंवा त्याहून किंचित् कमी असलें, तरी शिशाचें २ साफ पृष्ठभाग चिकटतात, त्याप्रमाणें बर्फाचे २ गुळगुळीत पृष्ठभागही बहुधा चिकटतील.

(२) मागील दोन कलमांत जीं तत्त्वे सांगितलीं, त्यावर अवलंबून असणारें कारण वरील गोष्टीस जास्त कारणीभूत असावें, असा अधिक संभव दिसतो.

जेव्हां एक बर्फाचा तुकडा दुसऱ्यावर आपण दाबितों, तेव्हां जे भाग परस्परांस लागलेले असतात, त्या ठिकाणी दाब वाढल्यामुळे बर्फ वितळतें. येणेंकरून जे पाणी होतें, तें पृष्ठभागां ज्या लहानसहान खळग्या असतात, त्यांत भरतें, आणि बर्फाच्या दोन तुकड्यांमधील अवकाशातही भरतें. परंतु हें पाणी दाबानें बर्फ वितळून झालेलें असल्यामुळे मागील कलमांत सांगितल्याप्रमाणें त्याचें उष्णमान  $0^{\circ}$  श हून कमी असेल. म्हणून एकमेकांस लागलेल्या विंदूपासून जेव्हां तें वाहून जातें, तेव्हां तेथच्या दाबापासून मुक्त होतें. म्हणून तें पुनः थिजतें; आणि याप्रमाणें बर्फाच्या दोन्ही तुकड्यांस तें घनबर्फ एकत्र चिकटवितें.

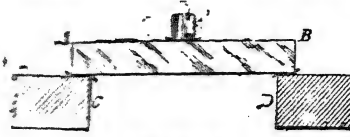
[या विषयाचें विशेष तपशीलवार वर्णन व त्यासंबंधी प्रयोग याविषयी ज्यांस माहिती करून घेणें असेल त्यांनीं डिंडालचें 'उष्णता हा एक गतीचा प्रकार आहे,' या नांवाचें पुस्तक वाचावें.]

१२५. बर्फाचा बाह्यात्कारी लबलबीतपणा— वरील गोष्टीशिवाय बर्फाविषयीं दुसऱ्या कोही गोष्टी अनुभवास येतात. त्यावरून प्रथमतः असें अनुमान करण्यांत आलें होतें कीं, जरी दिसण्यांत बर्फ घन आणि ठिसूळ असें दिसतें, तथापि तें वास्त-



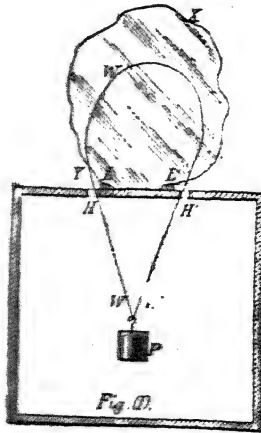
विकर रबरचीत द्रवाच्या स्वरूपाचें आहे, कारण त्यास वाकवून हवा तो आकार देता येतो, आणि बराच वेळ मिळाला म्हणजे त्याचा प्रवाहही वाहतो. प्रथमतः बऱ्या मोष्टी पाहण्यांत येतात, त्यांचें वर्णन करूं. आणि नंतर कलम १२३/२४ यांत जीं तत्त्वां सांगितलीं, त्या तत्त्वांवरून यांचीं कारणें स्पष्ट सांगतां येतात, हें दाखवूं.

प्रयोग (१). A B ही एक बर्फाची कांब घेऊन, C आणि D या दोन लांकडी तुक-



आकृति ६७.

तास गेल्यावर असें दिसून येईल कीं, कांब कांहींशी वांकली आहे. (आकृति ६७ पहा.)



आकृति ६८ अ.

या ठिकाणीं बाष्पाकारि बर्फाचें दाट रबरचीत द्रवाप्रमाणें वर्तन घडलें आहे. कारण तार बर्फांत शिरून फट बर्फांनीं भरली आहे.

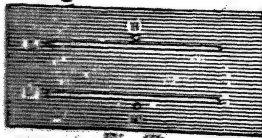


Fig. III.

आकृति ६८ ब.

विन्हें दिसून नाहींत. म्हणजे त्याची ओढून तार बगैरे काढितां येत नाहीं.

च्यावर प्लानेलचे अवाहक तुकडे ठेवून त्यांवर ती कांब ठेवावी. A B कांबीच्या मध्य भागावर एक प्लानेलचा तुकडा ठेवून त्यावर P हें वजन ठेवावें. कांब न मोडतां जितकें वजन ती सहन करू शकेल तेवढेंच वजन ठेवावें. कांहीं

टीप— खालील दुसऱ्या प्रयोगाप्रमाणें हा प्रयोग दाखविणें सोपें नाहीं.

प्रयोग (२). एक चौकोनी लांकडी बैठक बाजूकडून कशी दिसते ती आकृतीत दाखविली आहे. या बैठकीवर L L या दोन जै बर एक बर्फाचा तुकडा भंतराळीं ठेविलेला आहे. W W W ही तार आरंभीं बर्फाच्या तुकड्यावरून आणून तिला खाली P वजन टांगिलेलें आहे. बैठकीस H H हीं दोन भोके पाडून त्यातून तार खाली आणिली आहे, व वजन टांगिलें आहे. आ. ६८(ब) मध्ये बैठकीचा माथा दर्शविला आहे.

प्रथमतः तार बर्फाच्या तुकड्यावर होती; परंतु सुमारें अर्ध्या तासानें आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें ती खाली उतरते. आणि उतरल्या ठिकाणीं चार बर्फांनीं मागून भरून येते.

स्पष्टीकरण—वास्तविक बर्फ दाट व रबरचीत द्रवच आहे कीं काय, अशी शंका येते. परंतु वास्तविक बर्फ तसें नाहीं; आणि यास एक सबळ कारण आहे. दाब न घालतां जर बर्फास ताणूं लागलों, तर रबरचीत द्रवाप्रमाणें त्याच्या वर्तनाचीं कांहीं

. वरील गोष्टींचे कारण वास्तविक कलम १२३/१२४ यांत सांगितल्या तत्त्वावर अवलंबून आहे. जेथे बर्फ दाबले जाते तेथे ते वितळते. परंतु तेथून जे पाणी वाहते, ते  $0^{\circ}$  श हून कमी उष्णमानाचे असते. यास्तव जेव्हा ते दाबापासून मुक्त होते तेव्हा पुनः थिजते.

दुसऱ्या प्रयोगांत तार बर्फांत उतरल्यावर तिजवर मोकळी जागा प्रथमतः राहिल. परंतु ही अस्वस्थ अशी नियमित आकाराची फट झाली म्हणजे दाबाने जे पाणी होईल, ते केशाकर्षणाने वर चढून सर्व फट भरेल. आणि ते  $0^{\circ}$  श पेक्षा वर सांगितल्याप्रमाणे कमी उष्णमानाचे असल्यामुळे ते थिजेल.

१२६. बर्फाच्या प्रवाहाची गति—झ्यास बर्फाच्या नद्या अशी संज्ञा देता येईल, असे बर्फाचे प्रवाह हिमाच्छादित पर्वतावरून वाहतात, यांचे कारणही याच रीतीने सांगता येईल. दऱ्यांत बर्फ भरते, आणि जशा दऱ्या वांकड्या तिकड्या गेल्या असतील, त्याप्रमाणे त्यावरून खाली उतरते. हिमरेषेच्या वर जे पर्वताचे भाग असतात, त्यावर हिमाचे मोठे समुदाय जमतात. यांचा कोही भाग पर्वताच्या नीच प्रदेशांत ढकलला जातो. आणि दाबाने, अंशतः वितळण्याने, आणि पावसाच्या तुषाराने त्याचे घट बर्फ हळू हळू होते. एखाद्या खोल पर्वताच्या चिरांत पाहिले असता त्यांत जे हिम गेलेले असते, त्याचे घट बर्फ झालेले आहे असे दिसले.

## प्रकरण ६ यावर प्रश्न.

(१) एक पौंड पाण्याचे  $1^{\circ}$  श. उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागते तिला १ अंश उष्णता असे समजून खालील उदाहरणांत उष्णमान चढविण्यास किंवा उतरविण्यास किती अंश उष्णता लागेल ते काढ ?

- (१) ३ पौंड पाण्याचे  $0^{\circ}$  श. पासून  $16^{\circ}$  श. पर्यंत.
- (२)  $8\frac{1}{2}$  पौंड पाण्याचे  $20^{\circ}$  श. पासून  $35^{\circ}$  श. पर्यंत.
- (३) १० औंस पाण्याचे  $90^{\circ}$  श. पासून  $92^{\circ}\frac{1}{2}$  श. पर्यंत.
- (४) २ पौंड ७ औंस पाण्याचे  $10^{\circ}$  श. पासून  $5^{\circ}$  श. पर्यंत.
- (५) १ हॅट्रेटवेट २ पौंड ३ औंस पाण्याचे  $20^{\circ}$  श. पासून  $27^{\circ}$  श. पर्यंत.

( २ ) बर्फाची अनुद्धत उष्णता ८० आहे असे घेऊन खालील उदाहरणांतील पाण्यांत १ पौंड बर्फ ०°श. उष्णमानाचे घातले असता काय परिणाम होईल तें काढ ?

(१) ८०°श. उष्णमानाच्या १ पौंड पाण्यांत.

(२) ४०°श. उष्णमानाच्या १ पौंड पाण्यांत.

(३) १५°श. उष्णमानाच्या २ पौंड पाण्यांत.

(४) १०°श. उष्णमानाच्या ६  $\frac{३}{४}$  पौंड पाण्यांत.

प्रत्येक उदाहरणांत शेवटचे मिश्रणाचे उष्णमान काय असेल व किती बर्फ न वितळतां राहील तें सांग.

(३) कलम ११९ यांत सांगितलेल्या तत्त्वावरून दाब वाढविला किंवा कमी केला तर मेणाच्या वितळण्याच्या उष्णमानावर काय परिणाम होईल तें सांग.

(४) निर्वातस्थळी बर्फ ठेविल्यास त्याच्या वितळण्याच्या उष्णमानावर काय परिणाम घडेल तें सांग.

(५) आणि मेणाच्या वितळण्याच्या उष्णमानावर काय परिणाम होईल तेंही सांग.

## प्रकरण ७.

### वाष्पीभवन आणि वाफेचा जोर.

१२७. वाष्पभवन या शब्दाचा अर्थ—पाणी किंवा मद्याकें असलेलें भांडें हवेंत उघडें ठेविलें तर त्यातील द्रव कमी होतो. कारण काहीं द्रव हळूहळू आणि नकळत वाफेच्या रूपानें निघून जातो.

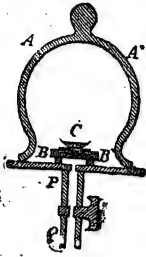
या व असल्या दुसऱ्या सर्व उदाहरणांत जेथें द्रव शांतपणानें वायुरूपांत जातो, तेव्हां त्या कृतीस वाष्पभवन हें नांव देतात. द्रवांत वाफेचे बुडबुडे उत्पन्न होऊन सर्व द्रव चलन पावतो, आणि या रीतीनें वाफेच्या स्थितींत जें द्रवाचें रूपांतर जोरानें होतें, त्यास कडणें असें झणतात. या दुसऱ्या तऱ्हेच्या रूपांतराचा पुढील प्रकरणांत विचार केला जाईल.

१२८. वाष्पभवनां उत्पन्न होणारी थंडी—वाष्पभवनानें थंडी उत्पन्न होते, ही सर्व प्रसिद्ध गोष्ट आहे. शरीराच्या कोणत्याही भागावरील पाणी किंवा दुसरा द्रव वाळत असला, झणजे ते भाग थंड होतात; सच्छिद्र भाज्यांत पाणी किंवा दारू यांस थंड करितात; हीं याचीं साधारण उदाहरणें होत. थोडासा विचार केला असता आपणास असें समजेल कीं, थंडी उत्पन्न होते, ही केवळ उष्णता खर्च झाल्यामुळे होते; आणि काहीं काम होतें, म्हणून उष्णता खर्च होते, ही ही गोष्ट फार संभवनीय दिसते. द्रवाच्या कणांस एकमेकांपासून दूर करणें हें एक अंशतः काम असतें. यास अंतर्गत काम असें झणतात. आणि बाह्य दाबास उचलण्यामध्ये काहीं काम होतें. द्रवापासून झालेली वाफ द्रवापेक्षा जास्त जागा व्यापिते. म्हणून हवेच्या किंवा दुसऱ्या कोणत्याही दाबाखाली जेव्हां वाष्पभवन चालतें, तेव्हां या दाबास उचलताना अंशतः काम होतें; यास बाह्यकाम म्हणतात.

प्रयोग ( १ )—उष्णमापकाच्या फुग्यावर ईथर हा मद्याकें मारून त्याचें ०° सा खालीं ही उष्णमान उतरविता येतें. ज्या शरीराच्या भागावर शस्त्रक्रिया करावयाची असते, त्या भागावर व दातावर इथर मारून त्यास शून्यवत् करितात.

( २ ) ओल्या व कोरड्या बोंडाच्या उष्णमापकांत ( आर्द्रतामापकावरील प्र. ९ यांत कलम १८६ मध्ये याचें वर्णन दिलें आहे. ) ज्या उष्णमापकाचें बोंड ओल्या कपड्यानें मदाविलेलें असतें, त्याचें उष्णमान कोरड्या बोंडाच्या उष्णमापकापेक्षा कमी असतें.

(३) सोबतच्या

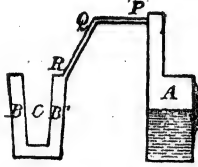


आकृति ६९ वी.

आकृतीत  $A A'$  हा वाताकर्षक यंत्रावरील ग्राहक आहे, व त्यास  $P Q$  या नळीने रिक्त करिता येते.  $B B'$  हा एक लांबी तुकडा आहे. यावर टिपण्याच्या कागदाचा ओला तुकडा आहे, आणि यावर ईथराने भरलेली घड्याळाची खोलगट  $C$  कांच आहे. (आकृति ६९ पहा.)  $A A'$  ग्राहकातील हवा जशी भराभर काढून घ्यावी, त्याप्रमाणे  $C$  मधील ईथर हा द्रव भराभर वाष्पभवन पावतो. याचे कारण पुढे कलम १३३ यात सांगितले आहे. आता जर ग्राहकात हवा सोडून  $A A'$  ग्राहक जलदी काढून घेतला, तर असे दिसून येईल की टिपण्याच्या कागदातील पाणी थिजून त्यास कांच चिकटली आहे.

(४) कलम १३३ यात दिलेल्या कायाफोरसच्या प्रयोगावरून पाण्यास त्याच्या वाष्पभवनामध्ये त्यातील उष्णतेचा उपयोग करून कसे थिजविता येते हे समजेल.

१२९. केरीचे थिजविण्याचे यंत्र—वाष्पभवनाने शीतता उत्पन्न करिता येते.



आकृति ७० वी.

पुष्कळ पाणी थिजविण्यासाठी या तत्त्वाचा उपयोग करण्यात आला आहे, त्याचे वर्णन आता करू. सोबतच्या आकृतीत केरीच्या यंत्राचे मुख्य भाग दाखविले आहेत. यंत्राचे २ भाग असतात. त्यात  $A$  हे बळकट लोखंडाचे पात्र असून त्यात पाणी असते व पाण्यात त्याच्या ६०० किंवा ७०० पट आकाराचा आमोनिया वायु विद्रुत केलेला असतो. दुसरा भाग पाण्याच्या बारडीसारखा घडीव लोखंडाचा केलेला व बळकट असतो. परंतु याच्या बाजू दुहेरी असून, त्या दोहोंमध्ये पोकळ जागा  $B B'$  ठिकाणी दाखविल्याप्रमाणे असते. सारांश हे एक बळकट बाजूचे बंद केलेले असे पात्र असते.  $P Q R$  या नळीने हे  $A$  भांड्याशी जोडलेले असते. बर्फ करण्याच्या कृतीचे दोन भाग करिता येतात. (आकृति ७० पहा.)

प्रथमतः  $BCB'$  भांडे थंड पाण्यात ठेवून  $A$  भांडे विस्तवावर ठेवितात; येणेकरून  $A$  भांड्यातील पाण्यात जी आमोनिया वायु विद्रुत झालेला असतो, तो पाणी उष्ण होताच मोकळा होतो आणि  $BB'$  या थंड जाग्यात  $A$  भांड्यातील वायूच्या दाबाच्या जोराने सारला जातो.  $A$  भांड्यात एक सारखा आमोनिया वायु पाण्यातून निघत असल्यामुळे  $BB'$  मध्ये गेलेल्या वायूवर एक सारखा अधिकाधिक दाब पडत असतो. यासुद्धे  $B B'$  भांड्यातील वायु द्रवरूपात जातो, व तेथे द्रवरूप झालेला आमोनिया जमतो.

[हे लक्षात आणले पाहिजे की,  $A$  मधील पाण्यातून वायूस बाहेर घालविण्याचे काम करण्यात काही उष्णता खर्च होते, व ही उष्णता  $B B'$  भांड्यात वायु द्रवरूप झाला म्हणजे पुनः बाहेर पडते. याच कारिता  $B B'$  भांडे थंड पाण्यात ठेवावे लागते.]

नंतर  $B B'$  भांड्याच्या  $C$  भागात जे पाणी थिजवाय्याचे असेल ते पाणी घालून

भाडें ठेवावें; आणि B C B' भाडें पाण्यांतून काढून त्यास बुरगुसासारख्या मंद-वाहक पदार्थानें लपेटावें. A भाडेंही विस्तवावरून काढून थंड पाण्याच्या भांड्यांत ठेवून त्यास शीत करावें. येणें करून त्यामध्ये असलेला वायु पाण्यांत थिजेल व दाब कमी होईल. यासुळे दाब कमी होतांच भांड्यातील द्रवाची वाफ होऊन A भांड्यातील पाण्यांत जाईल व तेथें शोषली जाईल. B B' मध्ये हें जें वाष्पभवन चालतें, त्यानें तेथील पुष्कळ उष्णता खर्च होते. झणून C मधील पाणी थिजतें. [C मधील पाण्यांतून जी उष्णता शोषली जाते, ती A मधील पाण्यांत वायु पुनः विडूत झाला म्हणजे बाहेर पडते. याकरितां A भाडें आतां थंड पाण्यांत ठेवावें लागतें.]

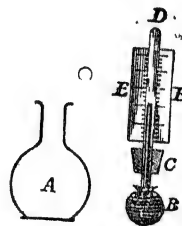
१३०. शीघ्रवाष्पभवनास लागणाऱ्या गोष्टी—कोणत्या स्थितींत वाष्पभवन जास्त किंवा कमी त्वरेनें चालतें, याचा आतां विचार करूं.

१३१. उच्च उष्णमान असतें, तेव्हां नीच उष्णमान असल्यापेक्षां जास्त जलदीनें वाष्पभवन चालतें, हें आपण हमेष पाहतों. विस्तवाजवळ कपडे धरून जेव्हां आपण वाळवितों, तेव्हां याच तत्त्वाचा उपयोग करितों.

१३२. ज्या हवेंत किंवा जाग्यांत वाष्पभवन चाललें आहे, त्याची परिशुतता—हें आपणास माहीत आहे कीं, हवा पूर्वीच जर पाण्याच्या वाफेनें परिशुत असली, तर ओला कपडा तिजमध्ये लवकर वाळत नाहीं; याचा साधारण अर्थ असा कीं, ज्या जाग्यांत द्रवाचें वाष्पभवन होत आहे, त्या जाग्यांत त्याच द्रवाची वाफ ज्या मानानें जास्त किंवा कमी असेल, त्या मानानें जास्त सावकाश, किंवा जास्त जलद त्या द्रवाचें वाष्पभवन चालेल. याच्या स्पष्टीकरणार्थ दोन प्रयोग करूं.

प्रयोग १—ओल्या व कोरड्या बोंडाचें उष्णमापक एका उथळ बर्शीत ठेवून बर्शीत काहीं पाणी ओतावें; आणि ती बर्शी कांचेच्या हांडीनें झांकावी. याप्रमाणें काहीं वेळ ठेवित्या नंतर जर पाहिलें तर दोन्ही उष्णमापकें सारख्याच उष्णमानावर आहेत असें दिसून येईल. यावरून असें सिद्ध होतें कीं, ओल्या बोंडावरील कपड्यांतील द्रवाचें वाष्पभवन चाललें नव्हतें. कारण कांचेच्या हांडीतील अवकाश पाण्याच्या वाफेनें परिशुत झाला होता.

प्रयोग २—C या बुचांत बसविलेलें B D हें उष्णमापक आहे. C वूच A या फ्लास्काच्या तोंडांत बरोबर बसतें. उष्णमापकाचें B बोंड मलमलीच्या कपड्यानें मढविलें आहे, व उष्णमापकाच्या नळीस E E' ही मानपट्टी जोडलेली आहे (आ. ७१.) उष्णमापकाच्या बोंडावर जर ईथर हा मद्यार्क ओतिला तर वाष्पभवन सुरू होतें, आणि उष्णमान जलद उतरतें. परंतु जर A फ्लास्कांत काहीं ईथर ओतून उष्णमापक जलद त्यांत बसविलें, तर लवकरच वाष्पभवन बंद होतें आणि उष्णमापक मूळच्या झणजे हवेच्या उष्णमानावर चढतें. कारण फ्लास्कातील जागा ईथरच्या वाफेनें परिशुत होते, म्हणून



आकृति ७१ वी.

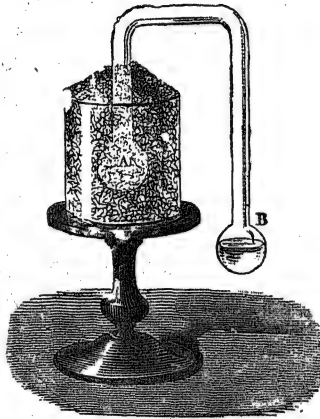
जास्त बाष्पभवन चालत नाही. परंतु फ्लास्कातून उष्णमापक बाहेर काढून बाहेरच्या हवेत उघडें ठेविलें म्हणजे पुनः बाष्पभवन सुरू होऊन उष्णमान उतरतें.

१२३. द्रवाच्या पृष्ठभागावरील दाब.—द्रवाच्या पृष्ठभागावर ज्या मानानें दाब असेल त्या मानानें बाष्पभवनाच्या त्वरेंत फेर पडतो. परंतु ही गोष्ट तितकी उघड रीतीनें नजरेस येत नाही. द्रवाच्या पृष्ठभागावर हवेचा दाब नेहमी असतो. हा दाब जर अंशतः कमी केला तर स्वाभाविकच बाष्पभवन जास्त जलदी चालेल. दाब जर वाढविला तर कमी जलदी चालेल.

प्रयोग १—योग्य अशा आकाराचा ग्राहक घेऊन वाताकर्षक यंत्राच्या ग्राहका-खाली पाण्यास त्याच्या बाष्पभवनां थिजवितां येईल. ग्राहकांत सल्फ्युरिक आसिडाचा बराच मोठा पृष्ठभाग बाष्पभवनानें उत्पन्न झालेली पाण्याची वाफ शोषण करण्यास असणें जरूर आहे.

[हा प्रयोग सहजां साधत नाही. आणि कधीं कधीं फारवेळपर्यंत वाताकर्षक यंत्र चालू ठेवावें लागतें.]

प्रयोग २—क्रायाफोरस—आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें वांकड्या नळीनें दोन कुगे



आकृति ७२ वी.

पुष्कळ वेळपर्यंत हें यंत्र खोलीत ठेविलें झणजे त्याच्या अंतर्भागां जास्त बाष्पभवन चालत नाही. कारण त्याचा अंतर्भाग वाफेनें परिभूत झालेला असतो.

परंतु आतां सर्व पाणी B कुग्यामध्ये नेऊन A कुग्याच्या सभोंवार बर्फ आणजे मीठ यांचें शीतताजनक मिश्रण ठेवावें; झणजे A मधील पाण्याची वाफ सभोंवता-लच्या शीततेनें थिजेल, आणि यामुळे सर्व नळीतील दाब कमी होईल, व B कुग्यातील पाण्यावर दाब कमी झाल्यामुळे त्याचें बाष्पभवन सुरू होईल. B मधील पाणी त्याच्या बाष्पभवनापासून उत्पन्न झालेल्या थंडीनें थिजेपर्यंत ही क्रिया चालेल. (आ० ७२-पहा.)

जोडून हें यंत्र केलेलें आहे. या यंत्रांत दोहों कुग्यांपैकी एक कुगा अर्धा भर-ण्यापुरतें पाणी असतें.

हें यंत्र बंद करण्यापूर्वी पाणी कढवून यंत्रातील सर्व हवा पाण्याच्या वाफेनें बाहेर घालविलेली असते.

झणून हल्लीं यंत्रांत पाणी व पाण्याची वाफ यांशिवाय दुसरें काहीं नसतें. याच करितां एका कुग्यातून दुसऱ्या कुग्यांत पाणी पडूं लागतें, तेव्हां धा-तूचा तुकडा पडावा त्याप्रमाणें 'कट' असा ध्वनि ऐकूं येतो. कारण त्यांत पाण्यास प्रतिबंध करण्यास व पाणी ह-ळूहळू पडूं देण्यास हवेची गिरदी नसते.



प्रस्तुत ज्या गोष्टीचा आपण विचार करीत आहोती ती गोष्ट या यंत्राने चांगली स्पष्ट होते, आणि तसेच वाष्पभवनाने थंडी उत्पन्न होते, हेही स्पष्ट समजते.

येथे हेही लक्षात ठेविले पाहिजे की, B मधील पाण्यातून त्याच्या वाष्पभवनाने जी उष्णता अदृश्य होते, ती सर्व उष्णता A मध्ये वाफ एकसारखी थिजत असल्याने पुनः दृश्य होते.

### वाफेचा जोर.

१३४. परम दाढ्याचा जोर.—वाष्पभवनात जी वाफ होते, तिचा आता विचार करू. निर्वातस्थळी जी वाफ होते, तिजविषयी विचार करणे सर्वात सोपे असल्यामुळे तीच प्रथमतः घेऊ.

सोबतच्या आकृतीत A हे एक बळकट लोखंडाचे भांडे आहे. त्याच्या बाजूस G M N ही एक वांकडी नळी बसविलेली आहे. या नळीचा M N हा भाग ३० इंचांहून जास्त उंचीचा आहे. या नळीचे खालचे तोंड पाण्याच्या पेट्यात बुडालेले आहे. भांड्याच्या माथ्यावर उघड झाप करण्याच्या दोन कळ्या बसविलेली E F ही नळी आहे.

प्रथमतः असे समजू की, A भांडे, निर्वात केलेले आहे. आणि S S कळ्या बंद आहेत. तेव्हा नळीत पारा पेट्यातील L L' या पृष्ठ - आ. ७३ वा. भागावर सुमारे ३० इंच लंबोत्तर उंचीवर H पर्यंत असेल. कारण या ठिकाणी एक सार्ध भारमापक यंत्रच आहे. मात्र नळीच्या माथ्यावर मोठ्या अवकाशाची रिक्त जागा आहे.

आता S S या कळ्यांच्या योगाने हवा अत न सोडतां कोणताही द्रव थेंब थेंब भांड्यात घेतां येईल. कारण F ठिकाणी द्रव ओतून अगदी खालची S कळी बंद ठेवावी आणि वरची S कळी उघडावी. नंतर ती बंद करून खालची उघडावी याप्रमाणे क्रमाक्रमाने उघडझाप करून भांड्यात थोडथोडा द्रव घेतां येईल.

असे समजू की, एक थेंब भांड्यात पडला आहे. त्याची तात्काळ वाफ होईल, व या वाफेचा काही दाब सर्वत्र पडेल. म्हणून नळीतील पाण्याच्या माथ्यावर तो पडेल. हा दाब जर एक इंच पाण्याच्या दाबाएवढा (किंवा दर चौरस इंचावर ३ पौंड) असला तर नळीतील पारा १ इंच उतरेल. याप्रमाणे थेंब थेंब द्रव भांड्यात घेत जाऊं; आणि दर-वेळी वाफेचा दाब किती आहे, हे जितके इंच नळीत पारा उतरेल, त्याजवरून मापू.

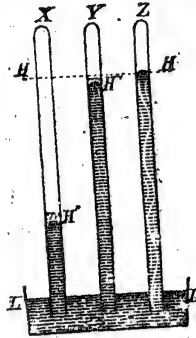
परंतु काही वेळां आपणास असे दिसून येईल की, A भांड्यात काही नियमित परिमाणाचा द्रव घातल्यावर वाष्पभवन बंद होतें, आणि दाब वाढत नाहीं, आणि पाराही तरत नाहीं असे होतें. अशा वेळां पारा जर H' या उंचीवर असेल, तर ज्या H H' उंचीतून पारा उतरला आहे, ती उंची प्रस्तुतच्या स्थितीत वाफेपासून जो अतिशय मोठा दाब उत्पन्न होतो, त्यास दर्शवील. यास महत्तम जोर किंवा परम दाढ्याचा जोर असे म्हणतात. आपल्या असे नजरेस येईल की, हा जोर दोन गोष्टी-वर मात्र अवलंबून असतो. (१) द्रवाचा धर्म आणि (२) उष्णमान; ह्यांजेली वाफेचा महत्तम जोर, द्रवाचा धर्म आणि उष्णमान यावर मात्र अवलंबून असतो आणि



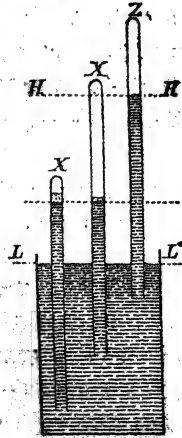
द्रवाच्या परिमाणावर अवलंबून असत नाही. मात्र या ठिकाणी अवकाश परि-  
शुत करण्यापुरता द्रव आहे, असे गृहीत घेतलेले आहे.

१३५. भारमापकांच्या नळ्यांचा प्रयोग—वर सांगितलेले यंत्र फार विकट  
आहे. नुसती भारमापकाची नळी घेऊन हा प्रयोग करणे हे सोपे आहे. नळीतील  
पाण्यामधून नळीच्या माथ्या जवळील रिक्तस्थळी द्रवास सहज वर घालविता येते.  
कारण पाण्याहून तो हलका असल्यामुळे पाण्यातून सहजी वर चढतो, आणि पाण्यावर  
तरंगत राहतो. जेव्हा पाण्यावर काही द्रव वाफ न होता राहतो, तेव्हा जितके इंच  
पारा खाली उतरला असेल, त्या इंचांनी महत्तम दाब मापिता येतो.

प्रयोग—X Y Z ही तीन भारमापक यंत्रे आहेत. यातील पाण्यावर आता निर्वात  
जागा आहे. X नळीत थोडे ईथर वर सारू. त्याची



आकृति ७४ बी.



आकृति ७५ बी.

तात्काळ वाफ होईल. पाण्यावर वाफ न होता ईथर राही-  
पर्यंत आणखी पाण्यातून वर सारावे. Y नळीत तसाच  
आल्कोहोल सारावा. द्रव वर सारताना जी थोडी हवा  
त्या बरोबर वर जाते, त्यामुळे किंचित फेरफार होतो.  
तेवढा वजा केला असता आपणास असे आढळेल की,  
नळीतील रिक्त जाग्यास वाफेने परिशुत करण्याजोगा  
द्रव पाण्यावर गेला, म्हणजे पारा उतरण्याचे बंद होतं.  
आणखी आपणास असे दिसून येईल की, द्रवाच्या भर्मावर  
महत्तम दाब अवलंबून असतो; कारण ईथर घातलेल्या  
नळीत जितका पारा उतरला तितका आल्कोहोल घात-  
लेल्या नळीत उतरला नाही. आणि हाताने किंवा दिव्याने  
नळीस उष्ण करून हा दाब उष्णमानावर ही अवलंबून  
असतो, असे ही आपणास दाखविता येईल.

१३६. पाण्याचा खोलगट पेला घेऊन प्रयोग—इयांत  
नळीस खाली सारता येईल, अशा पाण्याने भरलेल्या खोल  
पेल्यांत भारमापकाची एक नळी न्यावी. उदाहरणार्थ जीत  
ईथर घातले आहे, ती नळी नेऊ. नळी पाण्यांत सारली,  
किंवा वर काढिली तरी नळीच्या माथ्याशी जी पर्यंत काही  
पोकळ जागा आहे, ती पर्यंत पेल्यातील पाण्याच्या पृष्ठभा-  
गावर नळीतील पाण्याची लंबोत्तर उंची सर्वदा सारखी  
असेल. किंवा Z या भारमापकातील पाण्याच्या पृष्ठभागाखा-  
ली या नळीतील पाण्याचा माथा सारख्या अंतरावर असेल.  
X नळीस खोल पेल्यांत खाली सारिल्याने किंवा वर उच-  
लल्याने नळीतील परिशुत करण्याची जागा कमी किंवा जास्त  
आपण करितो, एवढाच परिणाम होतो. म्हणून खाली सारून

कमी जागा केल्याने काही वाफ थिजून द्रव्यरूपांत येते, आणि वर काढिल्याने काही जास्त द्रवाची वाफ होते. एकंदरीत जों पर्यंत ती जागा वाफेने परिभुत असते आणि उष्णमान सारखें असतें, तों पर्यंत वाफेचा म्हत्तम जोर सारखा राहतो.

१३७. म्यारिअटचा सिद्धांत—वायुआणि परिभुतवाफ— या ठिकाणी म्यारिअटचा सिद्धांत लागू पडत नाही, हें स्पष्ट आहे. कारण अवकाश वाढविला, किंवा कमी केला तरी दाबांत अंतर पडत नाही.

याचें कारण उघड आहे. प्रकरण ४ यांत जेव्हां वायुचें आकारमान आपण कमी केलें, तेव्हां जे वायुचे कण पूर्वी जास्त अवकाशांत होते, त्यांसच कमी अवकाशांत दाटी करून आणिलें, म्हणून स्वाभाविक त्यांचा दाब वाढला. परंतु परिभुत वाफेचें आकारमान कमी केलें, तेव्हां काही वाफ लागलीच द्रवरूपांत आली; व त्या द्रवानें वाफेच्या मानानें फारच थोडी जागा व्यापिली. जेव्हां परिभुत वाफेचें आकारमान वाढविलें तेव्हां वाढलेली जागा परिभुत करण्यापुरती आणखी द्रवाची वाफ झाली. कितीही जागा असली तरी ती समान दाढ्यांच्या वाफेने नेहमी भरलेली राहिली. (उष्णमान समान आहे असे कल्पिलें आहे.) ज्या वायूस म्यारिअटचा सिद्धांत लागू पडतो, तो वायु त्याचा आकार कमी केल्याने द्रवरूपांत जाऊ शकत नाही. सारांश जों वाफ परिभुत झाली नाही, ती वाफ वायु आहे, अशी वायूची व्याख्या आपणास देतां येईल. आणि परिभुत स्थितीपासून जितकी जास्त अंतरावर वाफ असेल, तितका म्यारिअटचा सिद्धांत तिला जास्त लागू पडतो.

१३८. डाक्टर अंड्रूज याचे प्रयोग—साधारण स्थितींत वायुरूपांत असणाऱ्या पदार्थास त्यावर अतिशय दाब घालून व त्याचें उष्णमान अतिशय कमी करून परम दाढ्यांच्या स्थितींत आणि द्रवरूपांत आणण्याकरितां अनेक प्रयोग करण्यांत आले आहेत. याविषयी फार सूक्ष्म रीतीनें अगदीं प्रथम डाक्टर अंड्रूज यानें प्रयोग केले होते. त्यानें कार्बोनिक आसिड वायुवर प्रयोग केले, व त्यावरून खालील सिद्धांत काढिले.

(१) प्रत्येक वायुकरितां असें एक नियमित उष्णमान असतें कीं, त्याहून जास्त उष्णमान असतां त्या वायूस स्पष्ट द्रवरूप देतां येत नाही. कार्बोनिक आसिड वायूच्या संवंधानें हें उष्णमान  $31^{\circ}$  श. होतें.

(२) या उष्णमानाहून जास्त उष्णमान असतां वायुवर दाब घालून त्याचें दाढ्ये व आकारमान द्रवरूपांतल्या दाढ्या इतकें व आकारमानाइतकें करितां येतें. तथापि त्यास खरें द्रवरूप प्राप्त होत नाही.

(३) या उष्णमानाहून कमी उष्णमान झालें म्हणजे पाहिजे तितका दाब घातल्यानें व त्यामुळे त्याचें आकारमान कमी झाल्यानें त्याचें आकुंचन होऊन त्यास खरें द्रवरूप प्राप्त होऊं लागतें; आणि यानंतर १३६ कलमांत दाखविल्याप्रमाणें नळीतील इथरची वाफ ज्याप्रमाणें द्रवरूपांत येऊं लागते, त्याप्रमाणें आणखी आकारमान कमी केल्यानें त्याचें आणखी आकुंचन होऊन जास्त दाब न वाढवितां त्यास द्रवरूप येतें.

१३९. द्रवाचें एकसारखें वायूंत रूपांतर होणें व वायूचें द्रवांत होणें—काही फेर-

फार दृष्टीस न पडतां या रीतीनें द्रवास खरें वायुरूप आपणास देतां येतें. कार्बानिक आसिड वायु आपण घेऊं. या वायूच्या संवधानें हें उष्णमान  $३१^{\circ}$  श. आहे. यास आणी-बाणीचें किंवा निर्वहण उष्णमान असें नांव देऊं. विवक्षित अवकाश  $३१^{\circ}$  श. हून कमी उष्णमानावर असलेल्या द्रवरूपी कार्बानिक आसिड वायूनें पूर्णपणें भरावा. नंतर त्याचें उष्णमान  $३१^{\circ}$  श. पेक्षां जास्त होई पर्यंत त्यास उष्ण करावें. या वेळीं द्रवरूपी वायुरूप प्राप्त होत नाहीं. कारण द्रवावर कांहीं अवकाश नसल्यानें द्रवाचें वाष्पभवन होत नाहीं. परंतु आतां  $३१^{\circ}$  श. हून जास्त उष्णमानावर त्यास खरें द्रवरूप असत नाहीं; आणि त्यास जर प्रसरण पावू दिलें तर मध्यंतरां दुसरी अवस्था प्राप्त न होतां एकदम त्यास वायुरूप प्राप्त होईल.

१४०. कायमचे वायु—अगदीं आलीकडे पिकेटेट आणि क्यालेटेड या उभयतांनीं भिन्न भिन्न रीतींनीं आक्सिजन, हैड्रोजन, आणि नैत्रोजन यांस सुद्धा द्रवरूपांत आणिले आहे.

हवेच्या दाबाच्या ५०० पासून  $३२०$  पट दाब घालून आणि सुमारे  $-१४०^{\circ}$  श. या नीच उष्णमानावर आणून पिकेटेट यानें आक्सिजन वायूस द्रवरूपांत आणिलें; क्यालेटेड याच्या कित्येक प्रयोगांत केवळ शून्य उष्णमानाच्या जवळ जवळ उष्णमान उतरलें होतें.

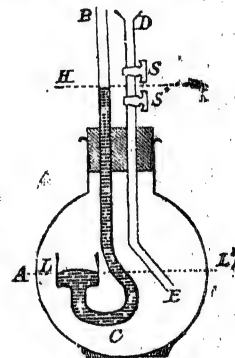
१४१. घनरूपी कार्बानिक आसिड—द्रवरूपी कार्बानिक आसिड ज्या भांड्यांत आहे, त्या भांड्यास जर एक लहानसें छिद्र पाडिलें, तर त्यांतून खूब जोरानें वायु बाहेर पडतो; आणि द्रवरूपी वायूच्या त्वरित वाष्पभवनानें इतकी शीतता उत्पन्न होते कीं, त्या पैकीं कांहीं द्रवरूपी कार्बानिक आसिड थिजतें; आणि तो थिजलला पदार्थ हिमासारखा दिसतो, व तशा रूपांत त्यास गोळा करितां येतें. जर हें कार्बानिक आसिडाचें हिम ईथर या मद्याकडें मिसळलें, तर तें अत्यंत शक्तिमान असें शीतताजनक मिश्रण होतें. द्रवरूपी कार्बानिक आसिडावरील दाब वाताकर्षक यंत्राच्या सहाय्यानें त्वरित कमी केला तर त्याचें उष्णमान  $-११०^{\circ}$  श. पर्यंत किंवा त्याहूनही कमी सुद्धा उतरतें.

१४२. भिन्नभिन्न उष्णमानावर असलेल्या दोन परस्पर जोडलेल्या पात्रां-तील परम दाढ्यांचा जोर—आपणास असें समजलें आहे कीं, प्रत्येक जातीच्या द्रवास प्रत्येक उष्णमानां करितां नियमित असा परमदाढ्यांचा जोर असतो. एकाच पात्राचे निरनिराळे भाग निरनिराळ्या उष्णमानावर असतात, तेव्हां कशी स्थिति असते, याचा विचार करूं. क्राया फोरस घेऊन त्याचाच विचार केला म्हणजे काय स्थिति होईल, हें सहज आपल्या लक्षांत येईल. (क० १३३ पहा.) असें समजूं कीं, B फुग्याचें उष्णमान  $३१$  आहे, आणि या उष्णमानावर त्यांतील वायूचा परमदाढ्यांचा जोर  $६१$  आहे. आणि A फुग्याचें उष्णमान  $३२$  आहे, व तें  $३१$  पेक्षां कमी आहे आणि या उष्णमानावरील परमदाढ्यांचा जोर  $६२$  आहे. A फुग्यांत  $६२$  पेक्षां जास्त जोर होऊं शकणार नाहीं. परंतु  $६१$  हा जोर  $६२$  पेक्षां मोठा आहे, आणि जर  $६१$  हा जोर B भागांत असेल, तर सर्व भागां तितका असला पाहिजे. म्हणून A फुग्यांत एकसारखें घनीभवन चालेल; आणि हें घनीभवन  $६२$

पेक्षा जो पर्यंत जास्त जोर यंत्रांत असेल, तो पर्यंत चालले पाहिजे. परंतु या योगाने दाब सर्वत्र कमी होती, आणि झणून B मध्येही कमी होईल. यास्तव B मध्ये वाष्पभवन चालू राहते, आणि जोपर्यंत तेथे उ<sub>१</sub> उष्णमान उ<sub>२</sub> उष्णमानापेक्षा जास्त असते; आणि म्हणूनच इ<sub>१</sub> हा जोर इ<sub>२</sub> पेक्षा जास्त असतो, तोपर्यंत हे वाष्पभवन चालले पाहिजे. जेव्हा B मधून वाष्पभवनाने आणि A मध्ये घनीभवनाने सर्व द्रव A कुण्यांत जमेल तेव्हा मात्र हा विनिमय समाप्त होईल, किंवा थांबेल; आणि नंतर A भागाच्या उ<sub>२</sub> उष्णमानावरील इ<sub>२</sub> हा दाब सर्वत्र होईल. म्हणून “भिन्न भिन्न उष्णमानावर असणाऱ्या परस्पर जोडलेल्या दोन भागांमधील वाफेचा अखेरचा जोर त्यांतील नीच उष्णमानाच्या परमशक्तीच्या जोराबरोबर असतो. मात्र यांत नेहमी सर्वत्र अवकाश परिभूत करण्याजोगा द्रव असला पाहिजे.”

१४३. हवेतील महत्तम जोर—जो अवकाश आरंभी रिक्त नसून हवेने किंवा दुसऱ्या कोणत्या तरी वायूने भरला आहे, त्यातील कोणत्याही द्रवाच्या वाफेचा महत्तम जोर कसा असतो, याचा आता आपण विचार करूं. किंवा तो अवकाश दुसऱ्या कोणत्या तरी वाफेने परिभूत असला तरीही त्यातील द्रवाच्या वाफेचा महत्तम जोर काय असतो ते पाहूं. याविषयी असें दिसून आले आहे की, कोणत्याही द्रवाच्या वाफेचा महत्तम जोर रिक्त जाग्यांत असतो, तितकाच हवा असलेल्या अवकाशांतही असतो; आणि रिक्त अवकाश परिभूत करण्यास जेवढ्या वजनाचा द्रव लागतो, तेवढ्याच वजनाचा द्रव हवेने भरलेल्या अवकाशासही परिभूत करण्यास लागतो. या दोहों मध्ये मोठा व स्पष्ट भेद इतकाच असतो की, हवा असलेल्या अवकाशांत वाष्पभवन फार सावकाश चालते. (विवक्षित अवकाशांत जो वायु पूर्वी असतो, त्या वायुची नवीन होणाऱ्या वाफेची रसायनप्रीति नसते, तेव्हा मात्र वरील सिद्धांत खरा असतो, हे लक्षांत ठेविले पाहिजे).

प्रयोग—बाजूच्या आकृतीत दाखविलेल्या यंत्राने वरील सिद्धांताचा खरेपणा चांगला दाखविता येतो. (आ. ७६ पहा.) A हा एक काचेचा चूंबू आहे, व त्याच्या तोंडावर रबराचे चूच गच्च बसविलेले आहे. या चुचास दोन भोके पाडून त्यांत B C L आणि D E या दोन नळ्या बसविलेल्या आहेत. B C नळीचे खालचे तोंड वांकवून आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे पसरडे केलेले आहे, व तीत पारा भरलेला आहे. दुसऱ्या नळीच्या माध्यावर गळती असून त्या नळीस उघड झोप करण्याची दोन S S' मळसूत्रे आहेत. प्रयोगास आरंभ करण्यापूर्वी दोन्ही मळसूत्रे उघडी ठेवावी आता D E नळीतून वातावरणाचा दाब चंबूत पडत आहे, यामुळे व B नळीतील पाऱ्यावर हवेचा दाब आहे, म्हणून B C नळीच्या वांकविलेल्या दोन्ही



आकृति ७६ बी,

भागांत पारा सारख्या उंचीवर राहतो. आतां दोहों मळसुत्रांपैकी खालचें S' मळ-  
सुत्र बंद करावें, आणि गळतींत थोडा द्रव ( उदाहरणार्थ ईथर ) ओतावा; नंतर  
वरचें मळसुत्र S बंद करून S' उघडावें. येणेंकरून हवा आंत न जाऊं देतां चंबूत  
याप्रमाणें द्रव आपणास घालितां येतो. या द्रवाची हळू हळू वाफ होऊन तिचा  
जो दाब पांशवर उत्पन्न होतो, त्यानें वांकळ्या नळीच्या लांब भागांत पारा चढतो, त्या-  
वरून तो दाब दिसतो. चंबूत जास्त द्रवाचें वाष्पभवन होण्याचें बंद झालें म्हणजे  
जो त्या द्रवाच्या वाफेचा जोर असतो तो, म्हणजे हवेमधील त्या उष्णमानावरील त्या  
द्रवाच्या वाफेचा महत्तम जोर, नळीच्या दोहों भागांतील पारदस्तभांच्या उंचीमधील  
जें अखेरचें H L अंतर त्यानें मापितां येतो.

भरमापकाच्या नळ्यांत रिक्त स्थळीं जो महत्तम जोर मागें काढिला, तितकाच  
या प्रयोगांतही असतो.

टीप—या प्रयोगांत थोडी चूक होण्याची एक जागा आहे. नळीच्या लांब भागांत  
पारा चढला म्हणजे A च्या अंतर्भागीं अवकाश जास्त वाढतो. म्हणून या जास्त  
अवकाशातील हवेचा दाब बरोबर मूळच्या इतका पडत नाहीं.

१८३. वाकांचीं मिश्रणे—इया अवकाशांत हवा आहे, त्या अवकाशांत द्रवाची  
वाफ होते, आणि त्या वाफेचा महत्तम जोर अखेरीस रिक्त जाग्यांतील वाफेच्या  
जोराइतका होतो, असें वरील कलमावरून आपणास समजलें. याचाच विस्तार  
करून आपणास खाली लिहिलेला सिद्धांत देतां येईल. “जर एकाद्या भांड्यांत  
दोन किंवा अधिक द्रवांचें मिश्रण घातलें, तर तें भांडें रिक्त असतां जेवढ्या वजनाच्या  
प्रत्येक द्रवाचें वाष्पभवन होईल, आणि जेवढा त्याचा महत्तम दाब पडेल तेवढ्याच  
वजनाच्या प्रत्येक द्रवाचें वाष्पभवन होऊन तेवढाच दाब पडेल; आणि म्हणून रिक्त  
स्थळीं निरनिराळ्या द्रवांच्या वाफांचे जें महत्तम दाब असतील त्यांच्या बेरजेबरोबर  
एकंदर महत्तम दाब होईल. ”

द्रव आणि त्याच्या वाफा यांमध्ये परस्पर रसायनप्रीति असूं नये, व त्यांचें फक्त यांत्रिक  
मिश्रण मात्र व्हावें. ही गोष्ट वरील सिद्धांताच्या खरेपणास अवश्य आहे.

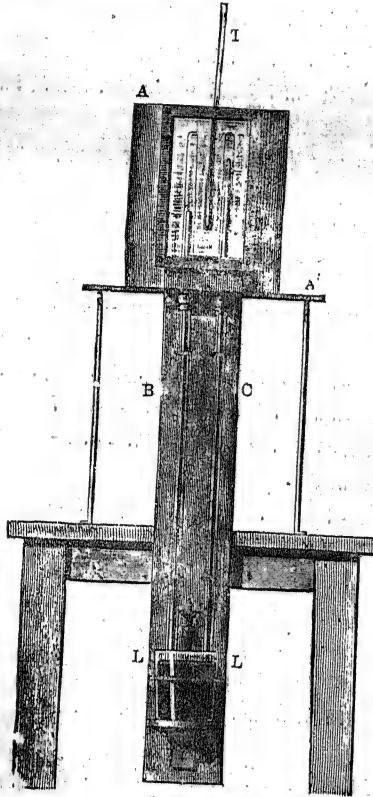
१८५. निरनिराळ्या उष्णमानांवरील पाण्याच्या वाफेचे महत्तम दाब—भिन्न  
भिन्न उष्णमानांवरील वाफांचे महत्तम दाब बरोबर कसे मापावे, याचा आतां आपण  
विचार करूं; आणि पाण्याची वाफ फार महत्वाची असल्यामुळे तिचें उदाहरण घेऊं.

रेझाल्ट यानें याविषयी प्रयोग करितांना ०°श आणि ५०°श यांमधील  
उष्णमानांवरील महत्तमजोरे एका रीतीनें काढिले; आणि ०°श खालच्या  
उष्णमानांवरील महत्तम दाब किंचित् भिन्न पण बहुतेक पहिल्यासारख्याच अशा  
दुसऱ्या रीतीनें काढिले. आणि ५०°श वरच्या उष्णमानांवरील महत्तम दाब याहून  
अथर्वा भिन्न अशा तिसऱ्या रीतीनें काढिले.

१८६. ०°श आणि ५०°श यांमधील उष्णमानांवरील महत्तम दाब—डाल्टन  
यानें पूर्वी ओभून काढिलेल्या यंत्रांतच काहीं सुधारणा करून त्या यंत्रानें रेझाल्ट यानें

या उष्णमानावरील महत्तम दाब काढिले. या यंत्राचे मुख्य भाग खालील आकृतीत दाखविले आहेत. (आ० ७७ पहा).

A A' ही एक धातूच्या पत्र्याची पेट्टी आहे. तिच्या बुडातून B आणि C या दोन भारमापकांच्या नळ्यांची शेवटें पेट्टीत आलेली आहेत. पेट्टीच्या वरच्या पृष्ठभागांत T हें उष्णमापक बसविलेलें आहे.



आकृति ७७ बी.

A A' या पेट्टीत बर्फ किंवा पाणी भरता येतें; आणि पेट्टीखाली दिवा ठेवून पाण्यास हव्याच्या उष्णमानावर आणिता येतें. पाण्याचें उष्णमान T या उष्णमापकानें समजतें.

भारमापकांपैकी एकांत पाण्यावरील पोकळी रिक ठेवावी, आणि दुसऱ्याच्या पाण्यावरील पोकळींत, कढवून त्यातील हवा घालविलेई असें थोडें पाणी वर सारावें. असें केल्या बरोबर या भारमापकांतील पारा दुसऱ्यातील पाण्याहून खाली उतरतो.



असें समजा कीं,  $0^{\circ}$  श उष्णमानावर इ इंच पारा उतरला, तर या उष्णमानावरील पाण्याच्या वाफेचा दाब इ इंच पाण्याच्या दाबा इतका असला पाहिजे. परंतु इ इंच पाण्याचा दाब त्याच्या दाब्यावर झणजे त्याच्या उष्णमानावर अवलंबून असतो. झणून पाण्याच्या प्रसरणगुणकाच्या सहाय्याने  $0^{\circ}$  श. उष्णमानावर इ इंच उंची किती असेल, हे गणित करून आपणास काढिले पाहिजे; वही उंची  $0^{\circ}$  श उष्णमानावरील पाण्याच्या वाफेचा महत्तम दाब आहे, असें लिहून ठेविले पाहिजे.

याप्रमाणे अनेक प्रयोग करून निरनिराळ्या उष्णमानावरील महत्तम दाबांचे कोष्टक तयार करितां येईल; आणि हे दाब  $0^{\circ}$  श. उष्णमानावर किती इंच पाण्याच्या दाबांवर असतात हे कोष्टकांत दाखवितां येईल.

टीप—नळींतील पाण्यावर जें काहीं थोडें पाणी बाष्पभवन न पावतां राहिल, त्याच्या वजनामुळे जो दाब पाण्यावर पडेल, तोही वाफेपासून उत्पन्न झालेला दाब मापितांना हिशेबांत घेतला पाहिजे. जर पाण्यावर  $P$  उंचीचे पाणी असले, (आं० ७८ पहा) तर त्याचा पाण्यावर दाब  $\frac{P}{13.6}$  इंच पाण्याइतका बहुतेक असेल. या दाबांनेही पारा खाली उतरेल झणून इ इंचांतून  $\frac{P}{13.6}$  इंच आपणास वजा केले पाहिजेत.

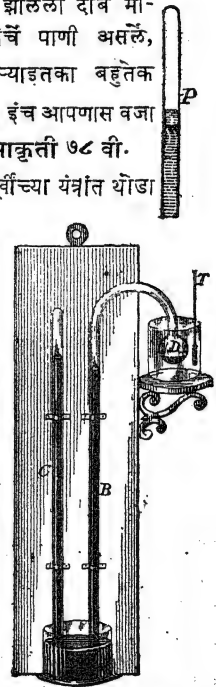
आकृती ७८ वी.

१४७.  $0^{\circ}$  श खालच्या उष्णमानावरील महत्तम दाब-पूर्वीच्या यंत्रांत थोडा फेरफार करून गेलूझाक यानें ज्या रीतीने हे प्रयोग केले, त्याच रीतीने रेझाल्ट यानें  $0^{\circ}$  श. खालच्या उष्णमानावरील महत्तम दाब काढिले.

पूर्वीप्रमाणेंच  $C$  हें भारमापक असतें; परंतु ज्या  $B$  भारमापकानें महत्तम दाब काढावयाचे आहेत, त्याच्या नळीचा बंद भाग वांकवून आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें त्याच्या शेवटीं  $D$  हा फुगा केलेला असतो. (आ. ७९ पहा).

या  $D$  फुग्यांत पाणी असतें.  $D$  फुगा आणि  $B$  भारमापकांतील पाण्यावरील सर्व जागा यांतील हवा कशी काढितात, व  $D$  फुग्यांत पाणी कसे घालितात, याचें वर्णन येथें करित नाही.

आतां दोन्ही भारमापके आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें हवेच्या उष्णमानावर आहेत. परंतु  $D$  फुगा शीतनाजनक मिश्रणांत बुडविलेला आहे, (हें मिश्रण क्वाल्सिअम क्लोराईड आणि हिम यांचें करावें; कारण तें द्रवरूपी असतें; झणून त्यास सहज दवळून त्याचें उष्णमान सारखें ठेविता येतें.) व त्याचें उष्णमान  $T$  या उष्णमापकानें समजतें. क. १४२ यांत ज्या तत्वांचें विवरण केले, त्यावरून  $B$  नळीतल्या पाण्यावरील एकंदर अवकाशातील वाफेचा महत्तम दाब अखेरीस या नळीचा अत्यंत थंड जो  $D$  भाग त्याच्या उष्णमानावरील महत्तम



आकृती ७९ वी.

दाबाबरोबर असेल. हा अखेरचा दाब उत्पन्न झाला, ( आणि हा दाब फार लवकर उत्पन्न होतो. ) झणजे मागील कलमांत सांगितल्याप्रमाणे तो मापावा.

५०<sup>०</sup>श. वरील महत्तम दाब. ५०<sup>०</sup>श. वरच्या उष्णमानावरील महत्तम दाब काढण्याचे रेझाल्टचे प्रयोग कढण्याच्या नियमावर अवलंबून आहेत. झणून पुढील प्रकरणांत ते नियम सांगितल्यावर त्यांचे वर्णन करूं. ( कलम १७३ पहा. )

१४८. पाण्याच्या वाफेच्या महत्तम दाबांचें कोष्टक.—ज्यामिन याच्या पुस्तकांतून निरनिराळ्या उष्णमानावर पाण्याच्या वाफेची महत्तमदाढ्यें किंवा दाब काय असतात, यांचें पुढील कोष्टक घेतलेलें आहे. यांत पाण्याच्या इंचांच्या जागी सहस्त्रांश मात्रा दिलेल्या आहेत. ७६० सत्रा. मा. ३० इंचां जवळ जवळ असतात, हें लक्षांत ठेवें.

शतभाग उष्णमान.	सहस्त्रांश- मात्रा दाब.	शतभाग उष्णमान.	सहस्त्रांश- मात्रा दाब.
—३०° .....	३८६	११०° .....	१०७५.३७०
—२०° .....	९२७	१२०° .....	१४९१.२८०
—१०° .....	२०९३	१३०° .....	२०३०.२८०
०° .....	४६००	१४०° .....	२७१७.६३०
१०° .....	९१६५	१५०° .....	३५८१.२५०
२०° .....	१७३९१	१६०° .....	४६५१.६२०
३०° .....	३१५४८	१७०° .....	५९६१.६६०
४०° .....	५४१०६	१८०° .....	७५४६.३९०
५०° .....	९१९८२	१९०° .....	९४४२.७०
६०° .....	१४८७९१	२००° .....	११६८८.९६०
७०° .....	२३३०९३	२१०° .....	१४३३४.८००
८०° .....	३५४६४३	२२०° .....	१७३९०.३५०
९०° .....	५२५४५०	२३०° .....	२०९२६.४०
१००° .....	७६००००		

उष्णमानापेक्षा महत्तम दाढ्यें किंवा दाब जास्त वाढतो, हें लक्षांत ठेविलें पाहिजे. हें वक्ररेषेनें दाखविल्यास जास्त उपयोग होईल. परस्पर काटकोन करणाऱ्या रेषांशीं वक्र रेषेच्या प्रत्येक बिंदूपासून काढलेल्या समांतर रेषा उष्णमान व दाब दाखविल्यास घ्याव्या.

१४९. वाफांचीं दाढ्यें.—विवक्षित आकारमानाच्या वाफेचें वजन आणि तिचा दाब काढण्याची आपणास कधीं कधीं गरज लागते; आणि हें काढण्यास आपणास आकारमानाप्रमाणें तिचें दाढ्येंही समजणें अवश्य असतें. कारण:—

$$\text{वजन} = \text{आकारमान} \times \text{दाढ्यें.}$$

— आपणास मागें असें समजलें आहे कीं, सर्व वायूंचा प्रसरणगुणक एकच असतो. झणजे ते सारख्याच प्रमाणानें प्रसरण पावतात.



प्रस्तुतच्या विवेचनाकरितां खालीं लिहिलेले सिद्धांत खरे आहेत, असें आपण गृहीत घेऊं.

(१) सर्व वायु आणि परिष्कृत अवस्थेस पोंचली नाहीं अशी कोणतीही वाफ यांचा प्रसरणगुणक एकच असतो.

(२) सर्व वायु आणि परिष्कृत अवस्थेस पोंचली नाहीं अशी कोणतीही वाफ यांस म्यारिअटचा सिद्धांत लागू असतो.

या दोन गृहीत सिद्धांतांचा कसा उपयोग होतो, हे आतां दाखवूं. एवढें येथें सांगणें अवश्य आहे कीं, हे सिद्धांत सूक्ष्मरीत्या खरे नाहीत. परंतु साधारण गोष्टीत ते खरे आहेत, असें मानल्यास चालतें, व त्यांचा फार उपयोग होतो.

१५०. हवेच्या संबंधानें वायु व वाफा यांचीं दाढ्यें.—असें समजूं कीं, ०°श. उष्णमानाच्या आणि नियमित अशा दाबाच्या हवेच्या संबंधानें सर्व वायु व वाफा यांचीं दाढ्यें काढून आपण एक कोष्टक तयार केलें आहे.

जेव्हां उष्णमान मात्र बदलतें आणि दाब बदलत नाही, तेव्हां (१) या सिद्धांताप्रमाणें ज्या मानानें हवा प्रसरण पावून तिचें दाढ्यें कमी होईल, त्याच मानानें दुसऱ्या वाफा किंवा वायु प्रसरण पावतील; झणून वायु किंवा वाफ यांचें सर्व उष्णमानावर हवेच्या संबंधानें दाढ्यें समान राहील. मागील कलमांतील (१) या गृहीत सिद्धांतावरून हे अनुमान साक्षात् निघतें.

हवेचा दाब बदलला, व त्याचप्रमाणें वायु किंवा वाफ यावरीलही दाब बदलला, आणि उष्णमान बदललें नाही, तर (२) या सिद्धांताप्रमाणें दोहोंचें दाढ्यें सारख्याच प्रमाणानें बदललें. झणून कोणताही दाब असतां वायु किंवा वाफ यांचें हवेच्या संबंधानें दाढ्यें सारखेंच राहील. मागील कलमांतील (२) या गृहीत सिद्धांतावरून हे अनुमान साक्षात् निघतें.

या दोहों अनुमानांचें एकीकरण केलें असतां असा सिद्धांत निघतो. उष्णमान व दाब कसेही बदलले तरी ०°श. उष्णमानाच्या व नियमित दाबाच्या हवेच्या संबंधानें सर्व वायु व वाफा यांचीं दाढ्यें समान असतात.

टीप—येथें असे गृहीत घेतलें आहे कीं, ज्या हवेशीं तुलना केली आहे ती हवा आणि वायु किंवा वाफ समान उष्णमानावर आणि समान दाबा खालीं आहेत; आणि असे ही गृहीत घेतलें आहे कीं, त्या उष्णमानावर वाफेचें जें महत्तम दाढ्यें असेल त्याहून दाब जास्त नाही. कारण असें समजलों नाहीं तर वाफेस म्यारिअटचा सिद्धांत लागू पडणार नाहीं.

१५१. एक लीटर हवेचें वजन.—प्रत्यक्ष प्रयोगानें असें काढिलें आहे कीं, ०°श. उष्णमान आणि ७६० स श मा. दाब असतां एक लीटर हवेचें वजन १.२९३ ग्राम असतें. तर दाढ्यें केवळ उष्णमानाच्या ल्युक्कम प्रमाणानें, आणि दाबाच्या सम प्रमाणानें बदलतें, हें लक्षांत ठेविलें असतां कोणताही व सहस्रांश मात्रा दाब, आणि कोणतेही उ°श. उष्णमान असतां कोणत्याही आकारमानाच्या—उदाहरणार्थ आ लीटर—हवेचें वजन काढितां येईल. हें वजन काढण्यास व दाब उ°श उष्णमान ही बदलून

७६० स.श. मा. दाब, आणि ०°श उष्णमान झाल्यास आं लीटर हवेचें आकारमान काय होईल, हें काढिलें पाहिजे.

$$\text{कलम १०२ प्रमाणें, } \frac{वआ}{क} = \frac{व'आ}{क'}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{यांत } व=व. \\ \text{आ}=आ. \\ \text{क}=२७३+उ. \end{array} \right\} \begin{array}{l} व'=७६० \\ \text{क}'=२७३ \end{array}$$

या किमती वरील सारणींत लिहून—

$$\frac{व आ}{२७३+उ} = \frac{७६० \times आ}{२७३}$$

$$\therefore आ = \frac{व \times आ \times २७३}{(२७३+उ) ७६०}$$

असल्या एक लीटर हवेचें वजन १.२९३ ग्राम आहे, असें समजलें आहे. झणून वरील आ लीटरांस या संख्येनें गुणिलें असतां विवक्षित वजन मिळेल. झणून—

$$व = \frac{१-२९३ \times व \times आ \times २७३}{(२७३+उ) ७६०} \text{ ग्राम.}$$

१५२. एक लीटर आकारमानाच्या कोणत्याही वाफेचें वजन.—असें समजून कीं, हवेच्या संबंधानें कोणत्याही विवक्षित वाफेचें दाढयें काढिलें आहे. १५० व्या कलमांत जें वर लिहिलें आहे, त्यावरून असें आपणास माहीत आहे कीं, दाब व उष्णमान हीं दोन्ही बदललीं तरी हें दाढयें बदलत नाहीं. झणून व दाब आणि उ° श. उष्णमान असतां जर आ लीटर हवेचें वजन व असलें, तर या स्थितीतील आ लीटर वाफेचें व वजन आपणास काढितां येईल. कारण— $व=व' \times व$ .

येथें व अक्षर दाढयें दर्शविण्यास घेतलें आहे.

$$\therefore व = \frac{व \times १-२९३ \times आ \times व \times २७३}{(२७३+उ) ७६०} \text{ ग्राम.}$$

उदाहरणें—आपण पाण्याच्या वाफेचें उदाहरण घेऊं. प्रयोगावरून असें काढण्यांत आलें आहे कीं, हवेच्या संबंधानें पाण्याच्या वाफेचें दाढयें ६२२ आहे. म्हणजे कोणताही दाब व उष्णमान असतां पाण्याची वाफ त्याच दाबाच्या व त्याच उष्णमानाच्या हवेच्या ६२२ पट जड असते.

(१) १०°श. उष्णमानावर पाण्याच्या वाफेनें परिभूत झालेल्या ३.५ लीटर हवेंत जी पाण्याची वाफ असते, तिचें वजन काढ.

जर इतका अवकाश अगदीं निर्वात असता, तर त्या अवकाशातील वाफेचें जितकें वजन भरलें असतें, तितकेंच वजन तो अवकाश हवेनें भरला असला तरी भरतें. (क० १४३ पहा) आतां १४८ वे. कलमांतील कोष्टकावरून १०° श. उष्णमानावर

परिभुत असलेल्या पाण्याच्या वाफेचें महत्तम दादर्थ ९.१६५ सश. मा. असतें. झणून

$$d = ९.१६५ \text{ सश. मा.}$$

$$A = ४.५ \text{ लिटर}$$

$$२७३ + d = २७३ + १० = २८३^{\circ} \text{ क}$$

या किमती वरील सारणीत लिहून—

$$v = \frac{६२२ \times १.२९३ \times ३.५ \times ९.१६५ \times २७३}{७६० \times २८३.}$$

हें सोडविल्यानें ग्राममध्ये वजन निघेल.

(२)  $६\frac{३}{४}$  लिटर अवकाशांत असलेल्या पाण्याच्या वाफेचा दाब १०० सश. मा. आहे, व उष्णमान  $६०^{\circ}$  श आहे. तर त्या वाफेचें वजन काय?

टीप—कोष्टकांत पाहिलें असतां अतें आपणास दिसून येईल कीं, हा अवकाश वाफेनें परिभुत झाला असला तर  $६०^{\circ}$  श. उष्णमानावर वाफेचा महत्तम दाब १४८.७११ सश. मा. असतो, म्हणून या उदाहरणांतली अवकाश परिभुत झालेला नाही, हें उघड आहे. तथापि याणें आपल्या कृतींत काहीं अंतर पडत नाही. कारण वाफ परिभुत नसली म्हणजे १४९ कलमांत दिलेले निष्ठांत तिला अधिक चांगले लागू पडतात.

$$A = ६.२५.$$

$$d = १०० \text{ सश. मा.}$$

$$२७३ + d = २७३ + ६० = ३३३^{\circ} \text{ क.}$$

$$d = ६२२$$

$$\therefore v = \frac{६२२ \times १.२९३ \times ६.२५ \times १०० \times २७३}{७६० \times ३३३} \text{ ग्राम.}$$

१५३. वाफेचीं दादर्थें काढण्याची ड्यूमास याची रीति.—वाफेच्या दादर्थी-विषयीं जास्त व पूर्ण माहिती पाहिजे असल्यास दुसऱ्या कोणत्याही मोठ्या पुस्तकांत वाचकांनीं पाहावें.

ड्यूमास याची रीति ही फार सूक्ष्म मानाची आहे. ज्या पदार्थाची वाफ होण्यास फार उंच उष्णमान लागतें, अशा पदार्थाच्या वाफेचें दादर्थ या रीतीनें काढितां येतें. पदार्थाचा धर्म आणि ज्या उष्णमानावर प्रयोग करावयाचा असेल तें उष्णमान, या दोहोंच्या मानानें पदार्थ कांवेच्या किंवा दगडीमातीच्या भांड्यांत घेतात. या भांड्याची मान ओढून अगदीं बिंदुवत् बारीक केलेली असते, भांड्यास विवक्षित उष्णमान देतात. सर्व हवा बाहेर गेली, आणि विवक्षित उष्णमान आणि विवक्षित बाह्य दाब असतां भांड्यांत पदार्थाची वाफ मात्र राहिली, म्हणजे फुकनळीच्या ब्योतींत केशावृत्ति नळींचें टोंक वितळवून तोंड बंद करितात. आतां विवक्षित उष्णमान व दाब असतां ज्या वजनाची वाफ भांड्यांत राहिल, तितकी भांड्यांत बंद केलेली आहे. हेंच उष्णमान व दाब असतां भांड्यांत किती हवा राहिल, तें माहीत असलें, आणि भांड्याचें आकारमान किती आहे, हें पूर्वीं काढिलें असलें झणजे प्रयोगापूर्वीं व प्रयोगानंतर

काणत्याही वाफचे दाढयें समान असत किंवा नाही याची परीक्षा निरनिराळ्या स्थितींत अनेक प्रयोग करून या रीतीनें करितां येते.

जर प्रयोगांत फार सूक्ष्म मान धारिलें, तर तेथें गृहित घेतलेले सिद्धांत अगदीं बरोबर नसतात असें कळून येतें.

### वायुविषयीं गतिविशिष्ट कल्पना.

१५८. घनरूपी, द्रवरूपी, आणि वायुरूपी पदार्थ यांची घटना—आतां पदार्थाच्या घटनेविषयीं आणि उष्णमान, दाब आणि दुसऱ्या स्थिति यांचा या घटनेशीं संबंध कसा असतो याविषयीं थोडी माहिती करून घेणें उपयोगी होईल. ही कल्पना खरी मानण्यास कोणते आधार आहेत, याविषयीं विचार न करितां ही सर्वानुमते ठरलेली जी कल्पना ती काय आहे, ऐवढेंच मात्र येथें सांगूं.

(१) घन पदार्थ—घन पदार्थांत द्रव्याचे घटक कण जरी बहुतकरून एकमेकांस साक्षात् लागून असत नाहींत, तथापि त्यांचें चलनचलन इतकें मर्यादित असतें कीं पदार्थाचा आकार जोपर्यंत जोरानें बदलला नाहीं तोपर्यंत ते कण एकदरीत आपापल्या स्थानीं परस्परांपासून नियमित अंतरावर राहतात.

पदार्थांचें जें उष्णमान असेल, त्याप्रमाणें जास्त किंवा कमी जोरानें हे कण आंदोलन पावतात, आणि त्यांचें प्रसरण किंवा आकुंचन झालें झणजे त्यांची परस्पर अंतरे किंचित् बदलतात.

(२) द्रव पदार्थांत कण एकमेकांस लागलेलेच असतात. तथापि ते परस्पर बंधनापासून इतके मुक्त असतात कीं ते एकसारखे इकडून निकडे सरकत राहतात. जे दोन कण एका वेळीं परस्परांजवळ असतात, तेच दुसऱ्या वेळीं एकमेकांपासून दूर जाऊन मध्यें दुसरे कण येतात. घन पदार्थांप्रमाणें यांचाही प्रत्येक कण २ किंवा अधिक परमाणूंचा बनलेला असतो; आणि प्रत्येकास ही सरण्याची गति असते; आणि तो कण ज्या परमाणूंचा बनलेला असतो, त्या परमाणूंस आंदोलक गतिही असते. जसें उष्णमान वाढतें त्याप्रमाणें या दोनही गतींचा जोर वाढतो. कणांचे घटक परमाणु जास्त जोरानें आंदोलन पावतात, आणि प्रत्येक कण झणजे परमाणूंचा समुदाय दुसऱ्या कणांमध्ये जास्त जोरानें सरकत राहतो.

प्रापणप्रवाह ज्याप्रमाणें दिसतो, त्याप्रमाणें ही सरकण्याची गति दिसत नाहीं. याचें कारण असें आहे कीं, एकाच दिशेनें एकाकाळीं कधींही पुष्कळ कण एकदम सरकत नाहींत. यामुळे त्यांच्या गतीनें लांकडाचा अर्धी गुंज सुद्धां कीस आपल्या बरोबर ते नेऊ शकत नाहींत. सारांश ही गति इतकी सूक्ष्म असते, कीं ती दिसण्यांत येत नाहीं.

१५९. (३) वायु—वायूंचा प्रकार अगदीं भिन्न असतो. वायूंचे कण एक-

खुटली म्हणजे तो पुनः दुसऱ्या दिशेने सरळ रेषेतच उडतो. ही गति साधारणतः कृष्टिमर्यादेच्या अगदी पलीकडे असते. ती गति इतकी गोंधळाची असते की, प्रत्येक विदूषासुन कण सर्व दिशांनी सारखे उडत असतात, असेही म्हणता येईल.

०<sup>वा</sup> उष्णमान आणि ७६० सझ. मा. दाब असतां हैद्रोजन वायूच्या प्रत्येक कणाचा वेग सरासरीने दरमिनिट्यास ६९ मैल असतो, आणि दोन कण एकमेकावर आदळले म्हणजे प्रत्येक कण ०००००८ शतांश मात्रा लांबीतून चलन पावतो. यावरून वायूच्या कणांच्या चलनाची बरीच स्पष्ट कल्पना होईल.

कोणत्याही वायूचा प्रत्येक कण २ किंवा अधिक परमाणूंचा बनलेला असतो, आणि या परमाणूंस आंदोलक गति असते; आणि शिवाय त्याच्या कणास वर सांगितलेलीही गति असते. उष्णमान वाढते त्याप्रमाणे या दोन्ही गतींचा जोर वाढतो.

१५६. वायूमधील दाब—वायूचे कण परस्पर बंधसुक्त असल्यामुळे ज्या भांड्यात ते असतात, त्या भांड्याच्या बाजूवर एकमेकांच्या प्रत्याघाताने त्या कणांचा दाब पडत नाही. उदाहरणार्थ निशाण मारण्याच्या ढालीवर जर हाताने दाबिले तर ढाल जशी उलट हातावर दाबिले, तसा प्रकार येथे घडत नाही. परंतु ढालीवर गोळ्यांचा एक सारखा भडिमारा केला असतां जसा तिजवर दाब पडेल त्या प्रमाणे भांड्याच्या बाजूवर कणांच्या भडिमारांने किंवा आदळण्याने दाब पडतो.

भ्यारिअटचा सिद्धांत—या कल्पनेवरून भ्यारिअटच्या सिद्धांताची उपपत्ति सांगता येते. असे समजूं की उष्णमान बदलले नाही, म्हणजे कण ज्या वेगाने चलन पावत आहेत, त्या वेगात फेरफार झाला नाही. आतां जर वायूचे आकारमान कमी केले, किंवा भांड्याचा आकार कमी केला, तर मूळच्या इतकेच कण पूर्वीच्या क्षेत्रापेक्षां कमी क्षेत्रावर पूर्वीप्रमाणेच भडिमारा करीत राहतील. यास्तव त्यांचा जास्त दाब पडेल हें उघड आहे. म्हणून उष्णमान समान असतां आकारमान कमी केल्यास दाब वाढतो, याचे कारण या कल्पनेवरून सांगता येते. या सिद्धांताच्या उपपत्तीविषयी आणखी विचार येथे आद्वी करीत नाही.

१५७. चार्लस याचा सिद्धांत—दाब कायम असतां उष्णमान वाढल्याने वायु प्रसरण पावतात, आणि आकारमान कायम असतां उष्णमान वाढल्याने दाब वाढतो. याचेंही कारण सांगता येते. मात्र केवळ सिद्धांताचे स्पष्टीकरण येथे आद्वी करीत नाही.

कारण उष्णमान वाढले म्हणजे कण जास्त जोराने चलन पावतील, आणि म्हणून त्यावर जो दाब असेल त्याहून यांचा बलवत्तर होईल व त्यामुळे आकार वाढेल. हें मात्र अनेककालपर्यंत चालणार नाही. कारण जसजसे आकारमान वाढते, तसतसे भडिमारा करण्याचे क्षेत्रही वाढते. आणि म्हणून भडिमाराच्या वाढलेल्या जोरास याने पंगुन येते.

मध्ये कण सर्व दिशानी पसरवून घेतात. आणि द्रवावरील वाफेच्या घडेल, कीं काहीं कण द्रवापासून अजीवात वर उडतील. आणि द्रवाच्या पृष्ठभागापासून वरील अवकाशात कणांचे जे उडणे कणांत मिसळून जातील. द्रवाच्या पृष्ठभागापासून वरील अवकाशात कणांचे जे उडणे तेच वाष्पभवन होय. त्याच प्रमाणे वरील वाफेतील कण द्रवावर आदळतील, आणि तेथे द्रवांत मिसळले जाऊन द्रवाचा अंश बनतील. हेच द्रवीभवन होय.

जेव्हा वाष्पभवन आणि द्रवीभवन समान असतात, तेव्हा वाफ परिष्कृत असते.

हा वेळ पर्यंत आपण असें म्हणत गेलों कीं “ आतां आणखीं द्रव वाष्पभवन पावत नाही ” परंतु आतां आपणास असें समजतें कीं, “ वाष्पभवन आणि द्रवीभवन सारख्या मानानें चालतात, ” असें म्हणणें अधिक बरोबर आहे.

१५९. फूल होणें—कित्येक स्थितींत पदार्थ घनरूपांतून एकदम थेंब वायुरूपांत जातो. या कृतीस फूल पडणें असें म्हणतात. जर कापूर किंवा नवसागर यांस उष्ण केलें आणि त्यावर एखादा थेंब पदार्थ धरिला तर घन पदार्थांतून जी वाफ जाते, ती पुनः थेंब पदार्थावर घनरूपांतच जमेल. या कृतींत घन पदार्थापासून जी वाफ जाते, ती खरी वाफ असून तिच्या आंगां काहीं जोर असतो. म्हणजे दाब पाडण्याचे सामर्थ्य असतें. म्हणून घन पदार्थापासून कण वेगळे होऊन हवेंत धुरळ्याप्रमाणे तरंगतात, त्या कृतीपासून ही कृति अगदीं वेगळी असते हें लक्षांत ठेविलें पाहिजे.

नवसागर किंवा कापूर यांजवर जास्त दाब घालून व त्या दाबाखालीं उष्ण करून यांस वितळवितां येतें.

डाक्टर कार्नेली आणि दुसरे कित्येक विद्वान यांचे असें म्हणणें आहे कीं बहुतेक दाब नाहीसा करून बर्फास उष्ण केलें तर ०° श. हून बऱ्याच उच्च उष्णमानावर बर्फास न वितळू देतां त्याचें फूल धरितां येतें. ( नेचर या नांवाच्या साप्ताहिक पत्रांत ‘उष्ण बर्फ’ या सदरा खाली याविषयांचे अनेक प्रयोग दिले आहेत. पुस्तक २३ पृष्ठे २६३, ३३१, ५०५ आणि पुस्तक २४ पृष्ठे ४, २८, ११३ पहा. )

### प्रकरण ७ यावर प्रश्न.

( १ ) दोहोंकडून बंद अशी एक वांकडी नळी घेऊन, तिचें एक टोंक शीतताजनक मिश्रणांत बुडविलें, व दुसऱ्या टोंकाकडे वायु उत्पन्न केले, आणि या रीतीनें प्या-हेडे यानें कित्येक वायूस द्रवरूप दिलें. तर अशा प्रयोगांत नळीच्या कोणत्या भागां द्रवरूप पावलेला वायु जमेल? आणि नळीच्या एका टोंकाभोंवतीं जें शीतताजनक मिश्रण असतें, त्या मिश्रणास या कृतींत उष्णता मिळेल कीं काय, याचें स्पष्टीकरण करा.

( २ ) वाताकर्षक यंत्राच्या ग्राहकाखाली सल्फ्युरिक आसिड घातलेला परळ ठेवून ग्राहकांत पाण्याचें वाष्पभवन केलें, तर पाण्याचें उष्णमान कमी होतें, व आसिडाचें वाढतें, याचें कारण काय ?

( ३ ) जे वायु साधारण स्थितींत नित्य वायुरूपांत असतात, त्यांस द्रवरूप देण्या-  
कारितां जे पूर्वी प्रयत्न करण्यांत आले होते, ते सफल कां झाले नाहींत ?

( ४ ) विवक्षित द्रवाच्या वाफेस आपल्या द्रवाच्या सन्निध असतां उष्ण केलें, व  
आपल्या द्रवाच्या सन्निध नसतां उष्ण केलें, तर दोहों कृतींत किया कशी चालेल,  
त्याचें नीट वर्णन कर.

( ५ ) पृथ्वीवर उष्णमान समान ठेवण्यास पर्जन्याचा उपयोग होतो, असें सिद्ध कर.

( ६ ) कपड्याची ओली पट्टी शरीराच्या एकाद्या भागावर बांधली असतां तिजपा-  
सून अपकार होत नाहीं, परंतु आंगावरचे कपडे भिजले असतां अपकार होतो, याचें  
कारण काय ?

( ७ ) कार्बोनिक आसिड वायूस द्रवरूप देण्यासाठीं ज्या यंत्राचा उपयोग करितां  
येईल, त्याचें चित्र काढून वर्णन कर.

( ८ ) खाली दिलेल्या गोष्टींवरून कार्बोनिक आसिड वायूचें दाढ्य काढ.

शुष्क हवा भरलेल्या विमानाचें वजन..... १९२ ग्राम.

हवारहित. .... ” ” ..... १८१ ”

कार्बोनिक आसिड वायु. .... ” ” ..... १९७.७७.

( ९ ) एक ग्रामभार एका विवक्षित वायूचें आकारमान  $85^{\circ}$  श. उष्णमा-  
नावर मापिलें, तें  $85$  लिटर भरलें; एक ग्राम दुसऱ्या वायूचें  $91^{\circ}$  श. उष्णमाना-  
वर आकारमान मापिलें, तें  $5$  लिटर भरलें. तर  $100^{\circ}$  श. उष्णमानावर दोहोंचीं  
जीं दाढ्य असतील, त्यांची तुलना कर.

( दोहोंवरील दाब समान आहे, असें समजावयाचें. )

( १० ) कलम १४८ यांत दिलेलें कोष्टक आणि कलम १५२ यांत दिलेली सारणी  
या दोहोंवरून  $25^{\circ}$  श. उष्णमानावर एक घनफूट हवेस परिभुत करण्यास जी पाण्या-  
ची वाफ लागेल, तिचें वजन काढ. (  $20^{\circ}$  श. आणि  $30^{\circ}$  श. या उष्णमानांवरील  
दाबांचें मध्यम प्रमाण  $25^{\circ}$  श. उष्णमानावरचा दाब घ्यावा. )  $0^{\circ}$  श. उष्णमान आणि  
 $760$  सश. मा. दाब असतां एक घनफूट हवेचें वजन  $1.292$  औंस असतें, आणि  
पाण्याच्या वाफेचें दाढ्य हवेच्या संबंधानें  $622$  असतें.

( ११ )  $100^{\circ}$  श. उष्णमानावरची व  $760$  सश. मा. दाबाची पाण्याची काहीं  
वाफ पाण्यापासून वेगळी काढून तिला  $121^{\circ}$  श. उष्णमानापर्यंत उष्ण केलें, परंतु  
तिचा आकार कायम ठेविला, तर त्या उष्णमानावर तिचा दाब काय असेल ?

( १२ )  $100^{\circ}$  श. उष्णमानावर एक घनफूट वाफेचें वजन काय असेल, तें काढ.

( १३ )  $760$  सश. मा. दाब आणि  $25^{\circ}$  श. उष्णमान असतां पाण्याच्या वाफेनें  
परिभुत झालेल्या  $1000$  घनफूट हवेचें वजन काढ. (  $10$  व्या उदाहरणांतील व्यक्त  
प्रमाण घे. )

## प्रकरण ८.

### कढणें.

१६०. कढण्याची क्रिया—जेव्हा एखादा द्रवरूपी पदार्थ, उदाहरणार्थ पाणी, भांड्यात घालून हवेंत उघडा ठेविला तर त्याच्या पृष्ठभागापासून वाष्पभवन चालतें. द्रवाच्या कांहीं भागाचें वाफेंत रूपांतर होऊन ती वाफ हवेंत मिसळते; आणि जर ती हवा कलम ९८ यांत सांगितल्याप्रमाणें कोंडलेली असली तर तिचा दाब वाढतो. कारण हवेच्या दाबांत वाफेच्या दाबाची भर पडते. परंतु साधारण उष्णमानावर पाण्याच्या वाफेचा जोर फार कमी असतो. झणून तिच्यानें हवेचा दाब सहन करून वायुरूपांत राहववणार नाही. हवेच्या दाबानें असली वाफ चेंपली जाऊन तिचें पुनः पाणी वनेल.

पाण्यास उष्ण केलें म्हणजे कांहीं वेळानें पाण्याच्या पृष्ठभागावर वाफेचा दग दृष्टीस पडतो. याचें कारण असें आहे कीं, पाण्याच्या पृष्ठभागावरची हवा उष्ण होते, व ती वाफेनें भगदीं भरून जाते, किंवा परिशुत होते. असली वाफमिश्रित हवा वर गेली म्हणजे ती तेथच्या थंड हवेंत मिसळते. याप्रमाणें शीत झाली म्हणजे तिजमध्ये पूर्वी इतकी पाण्याची वाफ राहू शकत नाही. म्हणून कांहीं वाफ थिजते; आणि आपणास दगाच्या रूपानें दिसते. नंतर पाण्याच्या तळापासून लहान लहान बुडबुडे वर निघतांना दृष्टीस पडतात. जी हवा पाण्यांत विद्रुत झालेली होती, त्या हवेचे हे बुडबुडे मुख्यत्वे असतात. विद्रुत असलेली हवा उष्णतेनें प्रसरण पावून वेगळी होते व बाहेर पडते.

कांहीं वेळानें मोठ मोठे बुडबुडे वर येऊं लागतात, आणि पृष्ठभागाजवळ जसे येतात, तसे फुटून अदृश्य होतात.

हे बुडबुडे पाण्याच्या वाफेचे असतात. पाण्याच्या तळाशीं आतां इतकें उष्णमान वाढलें असतें कीं, पाण्याच्या वाफेचे बुडबुडे त्यांवरील दाबास न जुमानितां तेथें राहू शकतात. परंतु हे बुडबुडे जसे वर चढतात, तसे ते कमी उष्णमानाच्या पाण्यांत येतात. म्हणून शीत होऊन त्यांचा जोर कमी होतो; आणि बाहेरील दाबानें ते पुनः चुरचुरून जातात. परंतु यानंतर लवकरच दुसरे बुडबुडे चुरचुरून न जातां पृष्ठभागाशीं येऊन पोचतात, आणि तेथें फुटतात. असें होऊं लागलें झणजे सवें पाणी सळसळूं लागतें, आणि विपुल वाफ उत्पन्न होऊं लागते. या क्रियेस कढणें असें म्हणतात.

१६१. कढण्याच्या वेळचा वाफेचा जोर—मागील प्रकरणांत वाफेच्या जोराविषयी विचार करीत असतां आपणांस असें समजलें आहे कीं, जर अवकाश वाफेनें



परिभुत होण्या जोगा द्रव सन्निध असला तर उष्णमान, आणि द्रवाचा धर्म यावर वाफेचा जोर अवलंबून असतो. ह्मणजे प्रत्येक द्रव्याच्या वाफेचा परमावधीचा जोर नियमित उष्णमान असता नियमित असतो.

आतां प्रस्तुतचें उदाहरण परमावधीच्या जोराचेंच आहे. कारण या वेळीं वाफेनें परिभुत करण्यास जितका द्रव पाहिजे, त्याहून जास्त आहे. आणि आपण वर पाहिलें कीं, पाणी कढतें त्या वेळीं बाहेरील दाब सहन करण्याचें सामर्थ्य वाफेच्या आर्गीं असतें. यास्तव आपणास पुढील अनुमान काढितां येईल—

द्रवाच्या पृष्ठभागावरील दाबा इतका वाफेच्या आर्गीं जोर येण्याजोगें जेव्हां द्रवाचें उष्णमान होतें तेव्हां पाणी कढूं लागतें.

टीप—पाण्याच्या तळापाशीं द्रवाच्या पृष्ठभागापेक्षां अधिक दाब असतो. कारण पृष्ठभागावर हवेचा दाब असतो, परंतु तळावर हवेशिवाय आणखी द्रवाचाही दाब असतो. ह्मणून तळाशीं वाफेचे बुडबुडे बनून राहण्यास पृष्ठभागापेक्षां तेथें जास्त उष्णमान असावें लागतें.

१६२. नियमित दाब असतां कढण्याचें उष्णमान नियमित व कायम असतें. आम्हीं पूर्वीं असें सांगितलें आहे (आणि पुढें एका विशेष प्रसंगीं प्रयोगानें सिद्ध करून दाखविणार आहों) कीं कढण्याची क्रिया चालते तेव्हां द्रवाच्या पृष्ठभागावर जो हवेचा दाब असतो, त्याच्या इतका द्रवाच्या वाफेचा जोर असतो. जेव्हां पृष्ठभागावरील दाब नियमित असतो, (उदाहरणार्थ जेव्हां द्रव उघड्या हवेंत कढतो,) तेव्हां वाफेचा जो महत्तम जोर असतो, त्याचें नियमित उष्णमान असावें हें स्वाभाविक दिसतें.

असें खरोखरीच असतें. आपण द्रवास जशी उष्णता लावितों त्याप्रमाणें त्याचें उष्णमान वाढतें; आणि दूरक्षणीं त्या वेळच्या वाफेच्या परमावधीच्या जोरास जेवढें पाहिजे तेवढेंच उष्णमान असतें. परंतु जेव्हां कढण्याची क्रिया सुरू होते, तेव्हां वाफेचा परमावधीचा जोर कायम राहतो व उष्णमानही कायम राहतें.

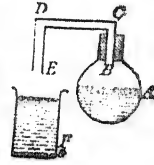
प्रयोग—उघड्या हवेंत पाणी तापवून व त्यांत उष्णमापक धरून वरील सिद्धांताचा खरेपणा पाहावा.

१६३. प्रयोगानें सिद्ध करणें—उघड्या हवेंत कढण्याची क्रिया चालते तेव्हां हवेच्या दाबाइतकाच वाफेचा जोर असतो, हें दाखविण्यासाठीं कांहीं प्रयोग सांगूं. कांदा दाबाचें एक विशेष उदाहरण घेऊं; उदाहरणार्थ हवेचा दाब घेऊं, आणि असें दाखवूं कीं, उघड्या हवेंत पाणी कढत असतां त्याचें उष्णमान असें असतें कीं, जेणे करून हवेच्या दाबाइतका वाफेचा जोर होतो.

जेव्हां आपण वाफेचा जोर किंवा तिचें उष्णमान असें मोजम म्हणतो, तेव्हां जो जोर व जें उष्णमान द्रवाच्या पृष्ठभागीं असतात, तीं असें आपण समजतो. कारण १६१ कलमांतल्या टिपेंत सांगितल्याप्रमाणें द्रवाच्या तळीं त्यावरील द्रवाच्या दाबामुळेही दोन्ही जास्त असतात.

म्हणून पुढील प्रयोगांत वाफेचेंच उष्णमान घेऊं. आणि द्रवांत उष्णमापक बुडविणार नाही.

**प्रयोग १—**A हें पाणी घातलेलें कास्क आहे. त्याच्या तोंडांत बूच बसविलेलें आहे; आणि त्यांत आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें काटकोनाकार वांकविलेली रुंद नळी B C D E बसविलेली आहे. (आ. ८१ पहा.) F हें गरम पाण्याचें भांडें आहे. A मधील पाणी कढवून त्यांतून वाफ निघूं लागली म्हणजे E टोंक F मधील पाण्यांत बुडवावें. नंतर सुमारे पांच सहा मिनिटांनी A खालचा दिवा काढून घ्यावा. म्हणजे A मधील वाफेचा जोर कमी होतो. आणि F यांतील पाण्यावर जो हवेचा दाब आहे, त्या दाबानें आकृति ८१ वी. उलटें नळींतून कास्कांत पाणी ढकललें जातें, आणि A भांडें सर्व पाण्यानें भरतें.



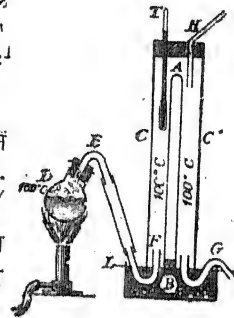
यावरून असे सिद्ध होतें की, जेव्हां A भांड्यांतील पाणी कढत होतें, त्या वेळीं त्याच्या वाफेनें भांड्यांतील सर्व हवेस बाहेर घालविलें. म्हणून त्या वाफेचा जोर हवेच्या दाबापेक्षा कमी नव्हता. आणि B C D E ही नळी रुंद आहे. म्हणून हवेच्या दाबाइतकाच वाफेचा जोर असावा, आणि फार जास्त नसावा.

**टीप—**F भांड्यांतील पाणी गरम घेतलें नाहीं तर A मधील वाफ फार जलद थिजली जाऊन भयेकर जोरानें एकदम पाणी भरतें.

**प्रयोग २—**A B हें एक भारमापक आहे. त्यांतील पाण्यावरच्या पोकर्डीत थोडेंतें पाणी घालविलें आहे. हवेच्या उष्णमानाइतक्या उष्णमानावर पाण्याच्या वाफेचा दाब कमी असतो; म्हणून पाणी घालण्यापूर्वीं डेया उंचीवर पारा होता, त्यापेक्षां किती कमी उंचीवर आतां पारा आहे.

A B भारमापकाच्या सभोंवतीं आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें दोन्ही तोंडांनीं उघडी अशी —C C' नळी आहे. हिचें खालचें तोंड भांड्यांतील पाण्यांत बुडतें आणि वरच्या तोंडास बूच बसवून त्यांत T उष्णमापक बववा बाहेर जाण्याची H नळी अशी बसविलेली आहेत. (आ. ८२ पहा.)

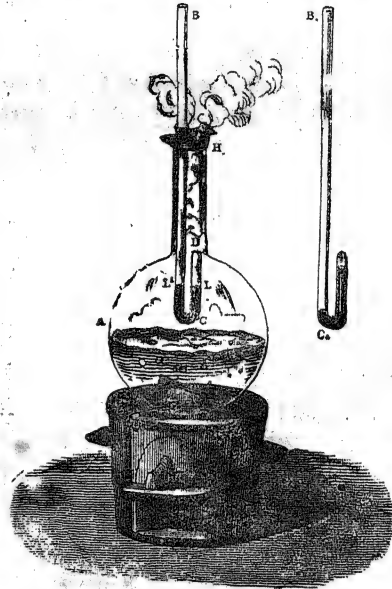
D ह्या कास्कांतील कढत्या पाण्याची वाफ E F नळीनें C C' नळींत सोडून भारमापकास उष्ण करितां येते. थिजलेलें पाणी G नळीनें बाहेर जातें. A B नळी C C' नळींत छिद्रे पाडलेल्या बुचांत बसविलेली आहे. हें बूच आकृतीत दाखविलें नाहीं. या बुचाच्या छिद्रांतून वाफ वर चढते.



A B नळींतील पाणी जसें उष्ण होतें, तसा निजमधील आकृति ८२ वी. पारा खालीं उतरतो आणि अखेरीस जेव्हां D भांड्यांतील कढत्या पाण्या इतकें नळी-

तेल पाण्याचें उष्णमान होतें, तेव्हां A B नळीतील सर्व पारा खाली उतरतो; आणि बाहेर व आंत सारख्या उंचीवर येतो. A B नळीतील पाण्याचें उष्णमान D भांड्यातील पाण्याइतकेंच आहे, असें T उष्णमापकावरून समजतें. वायूंत व नळींत पारा सारख्या उंचीवर येतो, यावरून असें स्पष्ट सिद्ध होतें कीं, A B नळीतील वाफेचा जोर वायूतील पाण्याच्या पृष्ठभागावरील हवेच्या दाबा इतकाच आहे. आणि उघड्या हवेंत कढणाऱ्या पाण्याच्या उष्णमानाइतकें नळीतील पाण्यास उष्ण करून हा जोर आणिला आहे. कारण D भांड्यातील पाण्यावर E F आणि H या नळ्यांतून हवेचा दाब पडत आहे.

प्रयोग ३—B, C, D ही आकृतींत दाखविल्यासारखी वांकडी नळी आहे. आरंभी हवेच्या उष्णमाना इतकें तिचें उष्णमान असतां तिजमध्ये C पासून D पर्यंत



आकृति ८३ बी.

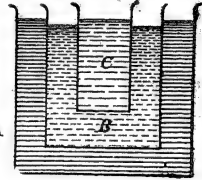
परा भरलेला आहे. D पासो थोडें पाणी आहे, आणि हवा मुळीच नाही. या पाण्यावर हवेचा सर्व दाब असल्यामुळे तें द्रवरूपांत आहे. परंतु आतां A हास्कांत पाणी कढत आहे, (आ. ८३ पहा.) त्यांत ही नळी घालू. झणजे लवकरच नळीतील पाणी कटू लागतें. आणि D ठिकाणी पाण्याची वाफ होऊन ती पाण्यास खाली ढकलते, आणि शेवटीं दोन्ही नळ्यांत सारख्या उंचीवर पारा येतो. यावरून आंखुड टोंकातील वाफेचा जोर लांब टोंकातील हवेच्या दाबा इतका झाला यांत संशय नाही; आणि जेव्हां A मधील पा-

ण्याच्या उष्णमानाइतकें नळांतील पाण्याचें उष्णमान होतें, तेव्हां असें घडतें. A मधील पाणी उपग्र्या हवेंतच कढत आहे. कारण बुचास H हें भोंक ठेविलें आहे. झणून या प्रयोगानें वर सांगितलेला सिद्धांत सिद्ध झाला.

१६४. भिन्न भिन्न द्रवांचीं कढण्याचीं उष्णमानें भिन्न भिन्न असतात.—१३५ कलमांत आपण पाहिलें कीं, जे द्रव जास्त चपल असतात, त्यांच्या वाफेचा जोर त्याच उष्णमानावर जास्त असतो. तसेंच भिन्न भिन्न द्रवांच्या वाफेचे जोर भिन्न भिन्न उष्णमानावर सारखे असूं शकतात. उदाहरणार्थ जेव्हां समान दाब असतां द्रव कढतात, तेव्हां त्यांच्या वाफेचे जोर ह्या दाबाबरोबर असतात. यावरून असें दिसतें कीं, समान दाब असतां ह्या भिन्न भिन्न द्रवांचीं कढण्याचीं उष्णमानें भिन्न भिन्न असतात. जसें हवेचा दाब ३० इंच असतां पाणी १००° श. उष्णमानावर; आल्कोहोल ७९° श. आणि ईथर ३६° श. या उष्णमानावर कढतात.

याप्रमाणें एकाच विस्तवावर असतां भिन्न भिन्न द्रवांचीं उष्णमानें भिन्न भिन्न राहूं शकतात. ज्याचें उष्णमान सर्वांत कमी असतें, तें फार जोरातें सळसळून कढतें. आणि यामुळे विस्तवापासून जी त्यास उष्णता मिळते, तिचा फार जलद या रीतीनें व्यय होत असतो.

प्रयोग—आकृतीत दाखविल्यासारखीं एकाहून एक लहान अशीं A, B, C तीन कचिचीं पंचपात्रे घ्यावी. (आ. ८४ पहा). अगदीं बाहेरच्या A पंचपात्रांत क्वाल्सिअम ह्योराईड याचा दाट द्रव घालावा. हा द्रव १३०° श. किंवा १४०° श. उष्णमानावर कढतो. दुसऱ्या B पंचपात्रांत साधें पाणी घालवें आणि अगदीं आतील C पंचपात्रांत आल्कोहोल घालावा. नंतर सर्व कढूं लागपर्यंत A खालीं मद्याकाचा दिवा ठेवावा. आपणास असें आढळून येईल कीं, तिहींचीं उष्णमानें भिन्न भिन्न असतात;



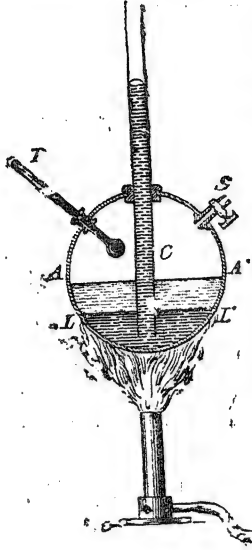
आकृति ८४ वी.

आणि जो द्रव कमी उष्णमानावर कढतो, तो फार जोरातें कढतो. जर दिवा काढून नेला तर A मधील कढण्याची क्रिया प्रथम बंद होईल. नंतर B मधील, आणि शेवटीं C मधील बंद होईल.

१६५. दाबाप्रमाणें कढण्याचें उष्णमान बदलतें.—कढण्याच्या क्रियेचें जें बीज आपण वर सांगितलें, त्यावरून हें उपड आहे कीं, जर आपण पृष्ठभागावरचा दाब वाढविला तर, द्रव कढूं लागण्यास त्यास जास्त उष्णमान द्यावें लागेल. आणि जर बाहेरील दाब कमी केला, तर द्रव कमी उष्णमानावर कढूं लागेल. कारण प्रत्येक वेळीं उष्णमान असें असावें लागतें कीं, जेजेंकरून बाहेरील दाबाइतका वाफेचा जोर होईल; झणून:—

१६६. दाब वाढविल्यानें कढण्याचें उष्णमान वाढतें.—मार्सेट याच्या यंत्रानें हें चांगलें दाखवितो येतें. त्या यंत्राच्या आकृतीचें चित्र खाली दिलें आहे.

प्रयोग—A A' हे बळकट असे गोलाकार भांडे आहे. याच्या खालचा भाग



आकृति ८५ वी.

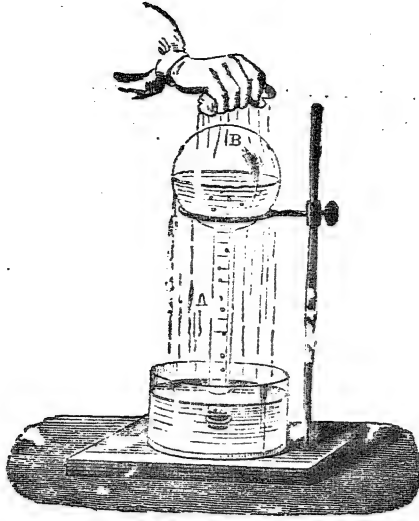
दाब वाढवून पाण्याचे उष्णमान  $100^{\circ}$  श. पेक्षा जास्त वाढविता येते. पाण्याचे कढण्याचे उष्णमान  $100^{\circ}$  श. हुन जास्त वाढविता येते, हे पेपीनचा डायजेस्टर या यंत्रानेही दिसते.

हे यंत्र बळकट लोखंडी भांड्याचे असते. याचे झाकण पक्के बंद करिता येते. याच्या झाकणात रक्षक पडदा असतो, त्याच्या योगाने दाब हवा तितका नियमित ठेविता येतो. यावर दाब घालून हवा तितकाच वाढविता येतो व कायम ठेविता येतो. यात पाणी घालून त्यास विस्तवावर ठेविले तर जेव्हा रक्षक पडद्यास उघडून बाहेर जाण्याजोगा वाफेच्या आर्गा जोर येईल, तेव्हा पाणी कडू लागेल. म्हणजे कढण्याचे उष्णमान रक्षक पडद्यावरील दाबावर अवलंबून राहील. ज्या कित्येक कारणांस साधे कढते पाणी उपयोगी पडत नाही, त्याकरिता दाब वाढवून उंच उष्णमानावर कढणारे पाणी या रितीने तयार करिता येईल. उदाहरणार्थ हाडांतून जिलेटाईन हा पदार्थ कढण्यास असे पाणी लागते, व ते अशा रितीने तयार करिता येते.

१६७. दाब कमी केल्याने कढण्याचे उष्णमान कमी होते—पूर्वीच्या पेक्षा हे कार सवज रितीने दाखविता येते.

प्रयोग १—क्राचिच्या एका पंचपात्रांत सरासरी  $60^{\circ}$  श. ( $180^{\circ}$  फा.) उष्ण-

प्रयोग २. काही पाणी असलेले A B हें एक क्लास्क आहे. याच्या तोंडावर



आकृति ८६ बी.

रवराचें चांगलें गच्च वसणारें वृत्त आहे; व त्यास एक वारीक भोंक आहे. हें भोंक का-  
चेच्या तुकड्यानें सहज बंद करिता येतें. यांत थोडें पाणी घालून त्यास प्रथम चांगलें  
कढवावें. भांड्यातील सर्व हवा बाहेर जाईपर्यंत बुचाचें भोंक उघडें ठेवावें. (आ. ८६ पहा).  
नंतर त्या खालील दिवा काढावा, आणि लागलेंच बुचाचें भोंक बंद करावें. नंतर  
आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें क्लास्क उलटें करून रिटार्टीच्या बैठकीच्या वळ्यावर ठेवावें.  
या वेळीं पाण्याचें उष्णमान बहुतेक  $100^{\circ}$  श. वर आहे, व त्यावर  $100^{\circ}$  श. उष्णमा-  
नाच्या वाफेचा दाब आहे. ही वाफ हवेच्या दाबाइतका दाब पाण्यावर पाडीत आहे.  
पाणी भातां कढत नाहीं. कारण कढल्यानें त्याचें स्वतःचें उष्णमान कमी होईल,  
आणि त्यावरील दाब वाढेल. परंतु भापण जर B भागावर थंड पाणी ओतिलें, तर  
काही वाफ थिजते, व तिचा जोर कमी होतो. म्हणून पाणी कढूं लागतें. कोवटी  
B भागावर बर्फ ठेवून पाणी अगदी थंड लागेपर्यंत त्यास कढविता येतें.

सूचना—झास्काचें वूड गोलाकार असून कांच जाड असावी. नाहीतर आंतील दाब कमी होताच वूड दबलें जाईल. म्हणून भांडें कढत वाळवेवर ठेवून त्यास उष्ण करावें हें बरें.

यावरून असे स्पष्ट झालें कीं, समुद्राच्या पृष्ठभागापासून पुष्कळ उंचीवर जेथे हवेचा दाब कमी असतो, तेथे पाण्याचें कढण्याचें उष्णमान  $100^{\circ}$  श. पेक्षां कमी असतें. मांड ब्लांक किंवा हिमालय यांसारख्या उंच पर्वतांच्या शिखरांवर सेंपा-काकरितां  $100^{\circ}$  श. उष्णमानाचें पाणी पाईजे असल्यास, पेपीनच्या डायजेस्टरचा उपयोग करावा लागतो.

१६८. कडाच्या बिंदुवरून उंची मोजणें—विवक्षित दाबास विवक्षित कडाचा बिंदु असतो; म्हणून जर दाब व कडाचे बिंदु यांचें एकदां एक कोष्टक तयार केलें तर त्यावरून कडाचें उष्णमान पाहून बाहेरील दाब काढितां येईल.

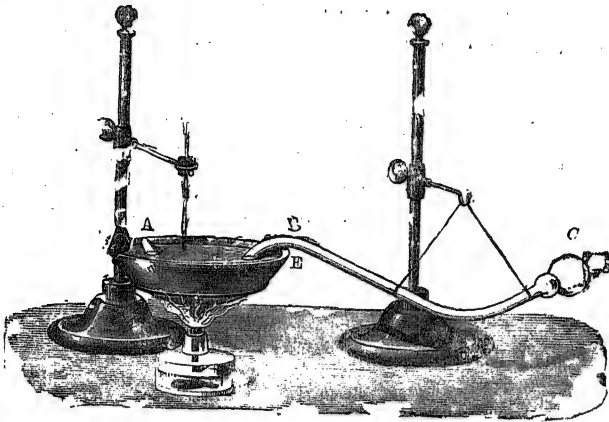
आणि बाहेरील दाबावरून ज्या ठिकाणी आपण आहों, त्या ठिकाणची समुद्राच्या पृष्ठभागावर किती उंची आहे, ती मापितां येईल.

१६९. कढण्याची क्रिया चालण्यास अवश्य लागणाऱ्या गोष्टी—जेव्हां वा-फेचा बुडबुडा त्यावरील दाबास न जुमानतां द्रवाच्या पृष्ठभागां राहूं शकतो, इतकें उष्णमान वाफेचें होतें तेव्हां एकदम कढण्याची क्रिया सुरू होते, असें वर सांगितलें; परंतु तशी गोष्ट नेहमी घडण नाहीं. कारण कित्येक विशेष स्थितीत द्रव कढूं लाग-ण्यास अडचणी येतात, आणि अशा वेळां कडाच्या बिंदूवरून द्रवाचें उष्णमान जास्त वाढवितां येतें. कढण्याच्या उष्णमानावर पाणी मोकळेपणी कढूं लागण्यास भांडें काहींस खरबरीत असावें लागतें; आणि द्रवांत हवा किंवा दुसरा वायु विद्रुत असावा लागतो. सर  $10^{\circ}$  सेल्सियस यांजें जे प्रयोग केले, त्यांत त्यास असें आदळलें कीं, ज्यांत कोणत्यातरी वायूचा भगदीं लेश नाहीं, असा एकही पाण्याच्या वाफेचा बुडबुडा नसतो. त्या प्रयोगांत त्यास असें दिसून आलें कीं, वाफेचा प्रत्येक बुडबुडा वनण्यास कोणत्यातरी वायूचा एकेक सूक्ष्म बुडबुडा आधारभूत लागलेला आहे.

काचिचें भगदीं स्वच्छ, साफ व गुळगुळीत भांडें घेऊन आणि पाण्यास कढवून त्यां-तील हवा घालवेल तितकी युक्तीनें घालवून तसल्या पाण्याचें डोनी यास  $120^{\circ}$  श. पर्यंत उष्णमान वाढवितां आलें. यानंतर पाणी एकाएकी कढूं लागलें; आणि वाफ होताना पुष्कळ उष्णता अद्भुत झाली. यामुल्लेखें सवें पाण्याचें उष्णमान लागलेच कमी होऊन खऱ्या कढण्याच्या उष्णमानावर पाणी आलें.

प्रयोग—आकृतीत दाखविल्या सारखी वांकविलेली A B C ही नळी आहे. तींत A पासून B पर्यंत साधें पाणी आहे. (आ. ८७ पहा.) बाकी नळी फक्त वाफेने भरलेली आहे. क्वालिअम झोराईड याच्या दाट द्रवाचें कढण्याचें उष्णमान उंच असतें; तसल्या द्रवांत A B भाग बुडविला आहे, व या द्रवांत उष्णमापक आहे. या





## आकृति ८७ वी.

द्रवास उष्णता लाविली तर असे अनुभव अस येतें कीं, A B नळीतील पाण्याचें उष्णमान  $120^{\circ}$  श. होईपर्यंत वाढवितं येतें; आणि नंतर पाणी एकाएकीं इतकें जोरानें कढूं लागवें कीं काहीं पाणी नळीच्या C शेवट्याकडे फेंकलें जातें.

१७०. फार उष्ण झालेली वाफ; क्षारमिश्रित द्रवाची वाफ.—दुसऱ्या कोणत्याही वाफेप्रमाणें पाण्याची वाफ परम दाढ्यांच्या स्थितींत असेल किंवा असणार नाहीं. वाफ परम दाढ्यांच्या स्थितींत आहे किंवा नाहीं, याची परीक्षा करणें झाल्यास ज्या जाग्यांत ती वाफ आहे, त्या अवकाशांत जास्त पाणी घालून त्याची वाफ होते किंवा नाहीं, हें पहावें. वाफ झाली नाहीं तर ती परम दाढ्यांच्या स्थितींत आहे, असें समजावें.

कढत्या पाण्यापासून निघणारी वाफ साधारणतः परम दाढ्यांच्या स्थितींत असते. परंतु त्यातील थोडीशी वाफ वेगळी काढून त्या नुसत्या वाफेस उष्ण केलें तर ती परम दाढ्यांच्या स्थितींत राहत नाहीं.

तसेंच खारें पाणी गोड्या पाण्यापेक्षा जास्त उष्णमानावर पोचल्याशिवाय कढूं लागत नाहीं; आणि कढूं लागल्यावर त्यापासून जी वाफ निघते, ती वाफ शुद्ध असते; म्हणजे तिजमध्यें क्षाराचा बिलकुल अंश असत नाहीं. परंतु असे अनुभव अस आले आहे कीं, ही वाफ ज्या खाऱ्या पाण्यांतून निघते, त्या पाण्यानें जास्त उष्ण झालेली असते. म्हणून ती परम दाढ्यांच्या स्थितींत नसते, आणि तेवढ्याच दावाखालीं गोडें पाणी नापत असतां जें त्याचें उष्णमान असतें, त्याहून या वाफेचें उष्णमान जास्त असतें.

परंतु जर या वाफेस किंचित झोत केलें, आणि काहीं वाफेस थिजू दिलें, तर बाकीची वाफ परम दाढ्यांच्या स्थितींत येते, आणि तिचें उष्णमान कढत्या गोड्या पाण्याच्या उष्णमानाइतकें होतें.



कढत्या खान्या पाण्याच्या वाफेंत उष्णमापक बुडवून गोड्यापाण्याचें उष्णमान कसें काढावें, हें वरील सूक्ष्म विचारावरून समजेल. ही वाफ थिजू लागून परम दाव्यांच्या स्थितींत आली द्वाणजे उष्णमान पाहावें.

१७१. वाफेची शुद्ध किंवा अनुद्रुत उष्णता—घनपदार्थास वितळविण्याचें काम करण्यास म्हणजे त्यास द्रवरूप देण्यास ज्याप्रमाणें उष्णता लागते, व ती अदृश्य होते, त्याच प्रमाणें, परंतु अधिक ठळक रीतीनें सर्व प्रकारच्या वाष्पभवनांतही उष्णतेचा फार व्यय होतो; आणि द्रव कढत असतांही पुष्कळ उष्णता लागते व अदृश्य होते. साधारण हवेच्या दाबाखाली पाणी कढत असतां काय काय होतें तें पाहूं. म्हणजे पुढील सिद्धांताचा खरेपणा सहज लक्षांत येईल.

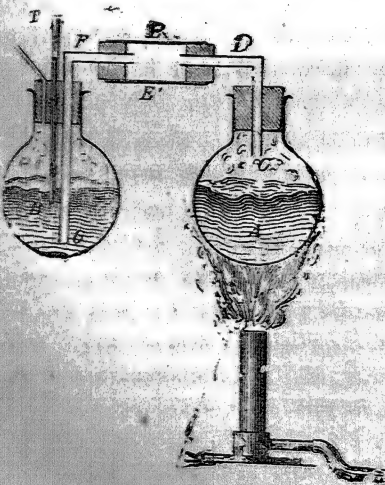
“हवेच्या साधारण दाबाखाली पाण्याच्या वाफेची अनुद्रुत उष्णता  $५३७$  असते.”

याचा अर्थ असा कीं;  $१००^{\circ}$  श. उष्णमानाच्या एक पौंड पाण्याची  $१००^{\circ}$  श. उष्णमानाची वाफ करण्यास जितकी उष्णता लागते, त्या उष्णतेनें  $५३७$  पौंड पाण्याचें  $१^{\circ}$  श. उष्णमान वाढवितां येईल; म्हणजे आपणास  $५३७$  अंश उष्णता द्यावी लागेल.

तसेंच  $१००^{\circ}$  श. उष्णमानाची वाफ थिजून त्या उष्णमानाचें पाणी झालें, तर तेवढी सर्व उष्णता बाहेर पडेल, म्हणजे दृश्य होईल.

पुढील प्रयोगावरून वाफेंत किती पुष्कळ उष्णता अनुद्रुत होते हें समजेल; आणि प्रयोग जर जपून केला, तर प्रत्यक्ष मापितांही येईल.

प्रयोग—A हें एक फ्लास्क आहे. यामध्ये पाणी कढत असून C D या नळीनें



आकृति ८८ बी.

वाफ बाहेर जात आहे. B हें एक दुसरें फ्लास्क आहे. यांत मुळचें थंड पाणी आहे. त्या फ्लास्काच्या तोंडांत एक बूच बसविलेलें असून त्यास तीन भोंकें आहेत. एका भोंकांत F G नळी बसविलेली आहे. (आ. ८८ पहा.) तिचें G टोंक फ्लास्काच्या बुडापर्यंत गेलें आहे. दुसऱ्या भोंकांत T उष्णमापक बसविलें आहे. त्याचा फुगा पाण्यांत बुडत असून त्यावरून पाण्याचें उष्णमान समजतें. तिसऱ्या भोंकांत एक नळीचा तुकडा बसविलेला आहे, त्यानें वाफ व हवा बाहेर जातात. C D आणि F G या नळ्यांस जोडणारी मध्ये E E' ही एक रुंद तोंडाची

नळी आहे. A भांड्यांतून B भांड्यांत वाफ जात असतां त्याबरोबर कांहीं पाणी गेल्यास तें या नळींत जमून राहतें.

प्रथम A भांड्यांतील पाणी खुप जोरानें कढूं देऊन मग दोन्ही भांडीं परस्परांस जोडावीं. याप्रमाणें जोडल्यावर B भांड्यांतील पाण्यांत जी वाफ जाते, ती थिजते आणि B भांड्यांतील पाण्याचें उष्णमान  $100^{\circ}$  श. वर चढतें. परंतु B मधील पाण्याचें वजन फारसें वाढत नाहीं. याचा अर्थ इतकाच कीं,  $100^{\circ}$  श. उष्णमानाची फार थोड्या वजनाची वाफ थिजून तिचें  $100^{\circ}$  श. उष्णमानाचें पाणी बनतें. परंतु वाफ थिजतांना जी उष्णता बाहेर पडते, ती बऱ्याच वजनाच्या पाण्याचें  $16^{\circ}$  श. पासून  $100^{\circ}$  श. पर्यंत उष्णमान चढविण्यास बस होते. B भांड्याचें प्रयोगाच्या आरंभी व नंतर वजन करून व दोहीं वजनांची वजाबाकी करून जी वाफ थिजली तिचें वजन काढितां येतें.

टीप—B भांडें बुरगूस किंवा फलानीन या निकृष्ट वाहकानें लपेटावें म्हणजे B भांडें थंड होत नाहीं. T उष्णमापकाचा फुगा पुरता पाण्यांत बुडालेला आहे असें आकृतींत दाखविणें जरूर होतें.

१७२. वाट याचा सिद्धांत.—असें समजलें आहे कीं, जितक्या कमी उष्णमानावर बाष्पभवन होतें, तितकी वाफेची अनुदूत उष्णता जास्त असते. उदाहरणार्थ  $100^{\circ}$  श. उष्णमानाच्या पाण्याची  $100^{\circ}$  श. उष्णमानाची वाफ करण्यास जी उष्णता लागते, तिजपेक्षां  $50^{\circ}$  श. उष्णमानाच्या पाण्याची  $50^{\circ}$  श. उष्णमानाची वाफ करण्यास जास्त उष्णता लागते.

$0^{\circ}$  श. उष्णमानाच्या एक पौंड पाण्याचें कोणतेंही  $0^{\circ}$  उष्णमान वाढविण्यास व त्याची त्याच उष्णमानाची वाफ करण्यास जी उष्णता लागते, तीस  $0^{\circ}$  उष्णमानावरील बाष्पभवनाची एकंदर उष्णता असें नांव देऊन, वाट यानें वरील गोष्ट दर्शविण्यास जो नियम काढिला तो असा आहे.

बाष्पभवनाची एकंदर उष्णता सर्व उष्णमानांवर सारखी असते.

यासच वाट याचा सिद्धांत असें म्हणतात. याचा अर्थ स्पष्ट आहे. एक पौंड पाण्याचें  $0^{\circ}$  श. पासून  $100^{\circ}$  श. पर्यंत उष्णमान चढविण्यास  $100$  अंश उष्णता लागते. आणि त्याची त्याच उष्णमानाची वाफ करण्यास आणखी  $52.7$  अंश जास्त उष्णता लागते. ह्यापून  $100^{\circ}$  श. वर बाष्पभवनाची एकंदर उष्णता  $100 + 52.7 = 152.7$  असते. आतां एक पौंड पाण्याचें  $0^{\circ}$  श. पासून  $50^{\circ}$  श. उष्णमान वाढवूं, आणि त्याच उष्णमानावर त्याची वाफ करूं. जर ल<sub>५०</sub> ही  $50^{\circ}$  श. उष्णमानावरची गुप्त उष्णता कल्पिली, आणि वाट याचा सिद्धांत खरा असला, तर

$$50 + ल_{५०} = 152.7.$$

$$\text{किंवा } ल_{५०} = 152.7 - 50 = 102.7.$$

कारण  $0^{\circ}$  पासून  $५०^{\circ}$  पर्यंत उष्णमान चढविण्यास  $५०$  अंश उष्णता लागते. झणून ही व गुप्त उष्णता ही दोन्ही मिळून एकंदर उष्णतेबरोबर असली पाहिजेत.

तसेंच  $0^{\circ}$  श. वर गुप्त उष्णता,  $L_0 = ६३७$

आणि  $६३७^{\circ}$  श. वर,  $L_{६३७} = ०$

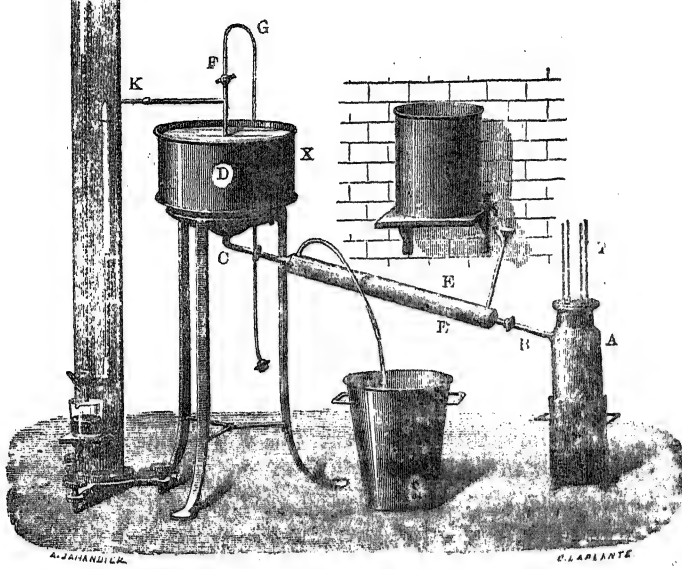
हा सिद्धांत साधारण विचाराभेती बरोबर असेल, असे वाटत नव्हते; व पुढे रेझाल्ट याने सिद्ध केले की, हा सिद्धांत सर्वथैव बरोबर नाही.

बाष्पभवनाची एकंदर उष्णता कायम न राहता  $0^{\circ}$  श. वर  $६०६$  असते. आणि पुढे वाढत जाऊन  $२३०^{\circ}$  श. उष्णमानावर ती  $६७२$  असते.

परंतु  $१००^{\circ}$  श. उष्णमानाहून जी उष्णमाने फार मोठी व फार लहान नाहींत, अशा उष्णमानांविषयी वरील सिद्धांत बऱ्याच अंशी खरा असतो.

१७३.  $५०^{\circ}$  श. उष्णमानाहून उच्च उष्णमातावरील वाफेचा परम दाढ्याचा जोर—मागील प्रकरणांत कलम १४६।४७ यांत पाण्याच्या वाफेचा परमावधीचा जोर मापण्याविषयी जें सांगितलें आहे, तें पाहिल्यास असे लक्षांत येईल की, त्या ठिकाणी  $५०^{\circ}$  श. हून नीच अशा उष्णमानांवरचा वाफेचा जोर मापण्याच्या रीतीचें वर्णन केले. आतां  $५०^{\circ}$  श. हून जास्त उष्णमानांवरील वाफेचा जोर मापण्याची रीति सांगितो. याविषयी रेझाल्ट याचे प्रयोग उत्तम झाले आणि ते प्रयोग करितांना त्यानें पुढील सिद्धांताचा उपयोग केला होता. “जेव्हां द्रव मोकळेपणीं कढतो, तेव्हां कढण्याच्या उष्णमानावर त्याच्या वाफेचा परमावधीचा जोर द्रवाच्या पृष्ठभागावरील दाबा इतकाच असतो.” म्हणून जर आपण निरनिराळे दाब असतां पाणी कढवूं, आणि कढण्याची उष्णमाने पाहूं, तर त्या त्या उष्णमानावरील वाफेचे जोर आपणास समजतील. पाणी कढविण्यास व त्याचें उष्णमान पाहण्यास कांहीं अडचण येत नाही. परंतु प्रयोग चालला असतां हवेचा दाब हवा तितका कायम ठेवण्यास अडचण पडते. ही अडचण दूर करण्याकरितां रेझाल्ट यानें आपल्या यंत्राची कशी योजना केली होती, तें सांगितो.

सोबतच्या आकृतींत या यंत्राचे मुख्य भाग दाखविले आहेत. A भांड्यांत पाणी कढत आहे; त्यांत T उष्णमापक आहे; व त्यानें त्याचें उष्णमान समजतें. भांड्यांतून वाफ B C नळीनें बाहेर जात आहे. B C नळीचा कांहीं भाग शीत करण्याकरितां तिच्या कांहीं भागावर थोरली E E' नळी बसविलेली आहे; व तींतून थंड पाणी एकसारखें वाहात आहे. (आ. ८९ पहा) यामुळे A मधून जी वाफ BC नळीत जाते, ती थिजते, व पुनः परत A भांड्यांत पडते. BC नळी E E' या थोरल्या नळीतून नेऊन D या तांब्याच्या मोठ्या व बळकट अशा गोलास जोडलेली आहे. हा गोल X भांड्यांत असल्यामुळे आकृतीत दिसत नाही. X भांड्यांत थंड पाणी घातून D गोलही शीत ठेविलेला असतो. जी वाफ BC नळीत थिजली नसेल, ती येथें थिजे. D गोलास एक नळी जोडून तिला भाणखी दोन नळ्या जोडलेल्या



आकृति ८९ वा.

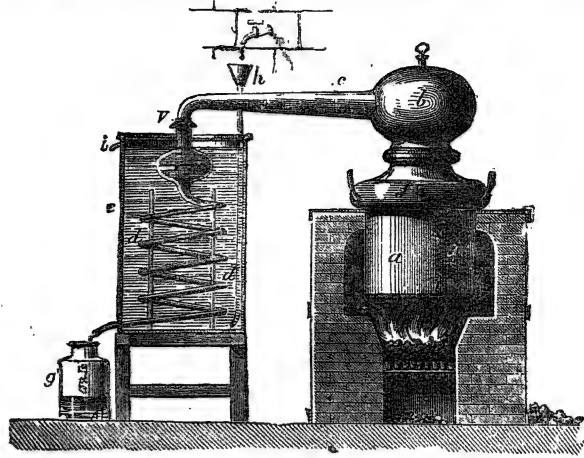
आहे. याच्या योगानें D गोलांतील वाफेचा दाब हवा नितका ठेविता येतो. आणि दुसरी F C नळी पाण्याच्या दाबमापकास (याचे वर्णन कलम १०३ यांत केले आहे.) जोडलेली आहे. याच्या योगानें हा दाब मापिता येतो.

जेव्हां दाब स्थिर होतो, (हा दाब दाबमापकावरून समजतो) आणि जेव्हां कढण्याचे उष्णमान स्थिर होतें (हें उष्णमान T उष्णमापकावरून समजतें) तेव्हां त्या उष्णमानावर तो दाब असतो वाफेचा जोर किती असतो, हें पाहता येतें.

या प्रयोगावरून जे वाफेचे जोर निघाले, ते कलम १८८ यांतील कोष्टकांत दिले आहेत.

१७८. उर्ध्वपातन (अर्क काढणे).—ड्यांत घनपदार्थ विद्रुत झालेले आहेत अशा द्रवापासून शुद्ध द्रव, किंवा दोन द्रवांच्या मिश्रणापासून (उदाहरणार्थ पाणी व आल्कोहोल) अधिक चपल द्रव, वेगळा कौढणें असेल तेव्हां उर्ध्वपातनाच्या रीतीचा उपयोग करितात. (आकृति ९० पहा) द्रवास a b भाग्यांत कढवून त्याची वाफ V भाग्यांत जाऊं देतात. नंतर d d या नागसोडीसारख्या नळीनून जाऊं देतात. V भागें

व  $d$  नळी ही  $e$  भाज्यांत बसविलेली असून त्यांत थंड पाणी असते. यामुळे वाफ



#### आकृति ९० बी.

थिजते, आणि नागमोडी नळीतून द्रव बाहेर पडतो, तो  $g$  वाटलीत धरितात.

$e$  भाज्याच्या बुडाशी  $h$  नळीतून एकसारखे थंड पाणी जात असते, आणि वाफ थिजल्याने जी उष्णता बाहेर पडते, त्या उष्णतेने जे पाणी गरम होतें, तें पृष्ठभागी येऊन माथ्याजवळच्या  $i$  तोटीने बाहेर जातें.

१७५. अंडाकार स्थिति. आम्ही असे सांगितले कीं, विस्तवावर द्रव असतां त्यास त्याच्या कढण्याच्या उष्णमानावरच ठेवितां येतें. हें उष्णमान विस्तवाच्या उष्णमानाहून पुष्कळ कमी असतें, आणि जी जास्त उष्णता द्रवांत येते, तिचा कढण्याच्या क्रियेत व्यय होतो; परंतु द्रवाची अशी एक चमत्कारिक स्थिति आहे कीं, त्या स्थितींत हें घडत नाहीं. याचें कारण सहज सांगतां येतें.

पाण्याच्या कढण्याच्या उष्णमानाहून ज्याचें उष्णमान पुष्कळ जास्त आहे, अशा धानूच्या पत्र्यावर ( उदाहरणार्थ लालभडक पत्र्यावर ) जर आपण काहीं पाण्याचे थेंब टाकिले, तर ते न कढतां एकत्र जमतात; व त्यांस चपट्या गोलाचा आकार येतो. व तो चपट्या गोल कोपित होऊन पुढें मागे जात राहतो. तो थेंब चुरचुरत नाहीं, किंवा कढत नाहीं. काहीं एक ध्वनि न करितां सावकाश नाहींसा होतो.

प्रयोग—जर आपण घळ्याच्या कांचेसारखा किंचित खोलगट असा प्लाटिनम धानूचा पत्रा घेतला, आणि त्यास सडकून तापवून त्यावर पाण्याचे थेंब सावकाश टाकिले, तर बरेंच पाणी अंडाकार स्थितीत येईल. पत्र्याखालील दिवा काढिल्यावर पत्रा थंड होईपर्यंत चपट्या गोलाचें चलन फारच सुंदर दिसेल.

जर पत्रा बराच तापावेण्यापूर्वी पाण्याचे थेंब त्यावर टाकिले, किंवा लालभडक

वर त्यास अंडाकार स्थिति प्राप्त होते.

क्यात्सिअम क्रोराईड याच्या कढत्या द्रवावर ईथर यास अंडाकार स्थिति प्राप्त होते.

[सूचना.—जेव्हा ईथरचा प्रयोग कराल तेव्हा जवळ पास दिवा राहू देऊ नका.]

१७६. अंडाकार स्थितीची कारणे.—याचे मुख्य कारण असे आहे की, जो पाण्याचा चपटा गोल बनतो, तो पत्र्यास मुळीच स्पर्श करीत नाही. जेव्हा एकादा द्रव पृष्ठभागास आर्द्र करीत नाही, तेव्हा तो एकत्र जमून त्यास जास्त कमी गोल आकार प्राप्त होतो. काचेवर, लोकाडावर, किंवा मळकट अशा धातूच्या पत्र्यावर पारा टाकिला तर वर सांगितलेला प्रकार दृष्टीस पडतो. पाणी अळवाच्या किंवा कमळाच्या पानावर घातले असता पाण्याची अशी स्थिति होते. कोणत्याही पृष्ठभागावर लायकोफाडियम हा पदार्थ पसरला, तर त्यावरही पाण्याची अशीच स्थिति होते.

आतां लालभडक पत्र्यावरील द्रव त्याच्या पृष्ठभागास आर्द्र करीत नाही; याचे कारण असे आहे की, पत्र्याच्या उंच उष्णमानामुळे द्रवाचा थेंब त्यावर पडतांच कांहीं द्रवाची तस्काळ वाफ होते. ती वाफ द्रव आणि पत्रा यांमध्ये राहते. यामुळे वाफेची गिरदी द्रवास मिळून द्रवाचा पत्र्यास स्पर्श होत नाही.

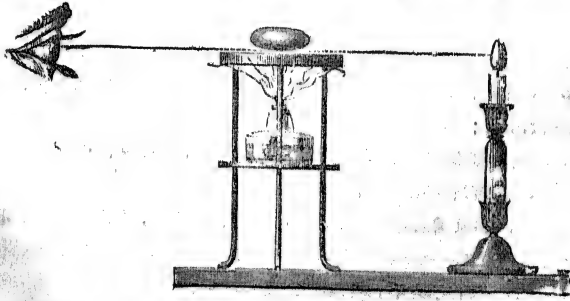
द्रव व पत्रा यांमध्ये फार निकुष्टवाहक अशी वाफ येते. थेंबाचे वाष्पभवन जरी साधारणपणे चालले तरी ते हा वाफेचा थर कायम ठेवण्यास आणि द्रवाचे उष्णमान कढण्याच्या उष्णमानापेक्षा बरेच कमी ठेवण्यास पुरे होते.

द्रव पत्र्यास स्पर्श करीत नाही. हे अनेक रीतींनी दाखविता येते.

प्रयोग १—द्रव आणि पत्रा यांमधून मेणबत्तीचा प्रकाश दृष्टीस पडतो.

प्लाटिनम किंवा रूपे यांपैकी एका धातूच्या तारेने द्रवाच्या थेंबास स्थिर धरून त्याखालून मेणबत्तीची ज्योत किंवा तिचा प्रकाश पाहवा. (आकृति ९१ पहा)

प्रयोग २—विद्युन्मालेच्या एका ध्रुवाचे टोंक द्रवास व दुसऱ्याचे टोंक पत्र्यास लाविले,



आकृति ९१ वी.



तर प्रवाह वाहत नाही. जर द्रवाचा व पण्याचा स्पर्श झाला असता, तर प्रवाह सहज वाहता.

प्रयोग ३—प्लाटिनम धातूच्या तारांच्या जाळीचा तुकडा घेतला, तर त्यांतून साधारणतः पाणी खाली पडेल. परंतु जर त्यास लाल भडक केले, तर त्यावर पाणी भंडाकार स्थितीत राहते. यावरून ते जाळीस खरोखर स्पर्श करीत नाही.

१७७. भंडाकार स्थितीची दुसरी उदाहरणे (१) विस्तवाने दिव्य करणे—जर हात भोला केला, आणि वितळलेल्या शिशाच्या रसांत बुडविला, तर हाताभोवती वाफेचा थर बनून हातास इजा होत नाही, आणि पाण्याच्या थेंबाप्रमाणे तो थंड राहतो. या रीतीने कितीएक वेळा दिव्य करण्यांत इजा होत नाही.

(२) तापक फुटणे—पाण्यामध्ये जे दुसरे क्षार विद्रुत असतात, त्यांच्या योगाने तापकाच्या आतल्या बाजुवर चुना किंवा दुसरे पदार्थ यांचा जास्तकमी जाडीचा थर बनतो. हा थर फार निकृष्टवाहक असतो, आणि यामुळे तापकाचा पत्रा लालभडकही होऊ शकतो, आणि जर या चुन्याचा तुकडा तापकाच्या किंवा यंत्राच्या चलनाने कोणत्याही भागावरून निघाला, तर लालभडक पण्यासन्निध पाणी येते; आणि त्यास भंडाकार स्थिति प्राप्त होते, व वाफ मुळीच होत नाही. परंतु आतां जर लोखंड बरेच थंड झाले, आणि पाण्याने त्यास प्रत्यक्ष स्पर्श केला, तर त्या वेळी एकदम इनकी वाफ उत्पन्न होते की, तेथेकरून तापक बहुतेक फुटतो.

### आठव्या प्रकरणावरील प्रश्न.

(१) कलम १६३ प्रयोग २ आ. ८२ यांत पुढील स्थितीत कोणत्या गोष्टी घडतील ते स्पष्ट करून सांगा.

(१) D मध्ये पाण्याहून जास्त उष्णमानावर कढणारे तेल असेल आणि A मध्ये पाणी असेल;

(२) D मध्ये पाण्याहून कमी उष्णमानावर कढणारा मद्याकें असेल, व A मध्ये पाणी असेल.

(३) D आणि A या दोहोंमध्ये तेल असेल;

(४) ज्या खोलीत प्रयोग करीत आहो, किंवा प्रयोग चालला आहे, त्या खोलीतील दाब वाढविला;

(५) यंत्रांत इतका फेरफार केला की, D मधील पाण्यावरील दाब वाढविला, आणि L L भांड्यावरील दाब तसाच ठेविला.

(२) कलम १६३ प्रयोग ३ आकृति ८३ यांत खाली लिहिल्याप्रसंगी काय घडेल ते स्पष्ट करून सांगा.

(१) D मध्ये तेल व A मध्ये पाणी असेल;

(२) B नळीचा शेवट बंद केला असेल;

(३) उर्ध्वपातनानें शुद्ध पाणी तयार करण्याच्या कृतींत ज्या भांड्यांत नागमोडीची नळी आहे, त्यांतील पाणी जलदी गरम होतें, आणि वरचेवर बदलावें लागतें, याचें कारण काय ?

(४) घरांत उब आणण्याकरितां पाण्याची वाफ घेतली, व गरम पाणी घेतलें तर त्या दोहोंत अधिक फायदेशीर कोणतें ?

(५) कांहीं पाणी अगदीं स्थिर ठेविलें, आणि त्याचें उष्णमान  $१००^{\circ}$  श. वर चढविलें. आतां जर त्यास हालविलें तर तें लागलेंच कढूं लागतें. परंतु त्यांतील थोडशाच पाण्याची वाफ होते याचें कारण काय ?

(६) मागील उदाहरणांत पाण्याचें उष्णमान किती वाढविलें असतां हालविल्यावर एकदम सर्व पाण्याची वाफ होईल ?

(७) ज्या तापकांत जास्त दाबाची वाफ होते आहे, त्याचा माथा उडाला, तर त्यापासून तापकांतील पाण्यावर कोणते परिणाम घडतील. याचें तपशीलवार वर्णन कर.

(८) कार्बानचा बायसल्फाईड आणि पाणी यांच्या मिश्रणाचें उष्णमान प्रत्येकाच्या काढण्याच्या उष्णमानापेक्षां कां कमी असतें ?

(९) वाट याचा सिद्धांत जर खरा असेल, तर  $०^{\circ}$  श. उष्णमानाच्या एक पौंड बर्फाची वाफ होण्यास किती अंश उष्णता लागेल ?



## प्रकरण ९.

### आर्द्रतामापन, ढग, धुकें, वगैरे.

१७८. आर्द्रतामापन आणि आर्द्रता यांचे अर्थ—आपण असे पाहिले की, विवक्षित अवकाशांत जास्त किंवा कमी वाफ राहू शकते; आणि जेव्हा विवक्षित उष्णमानावर विवक्षित अवकाशांत जितकी वाफ राहू शकते, तितकी असली म्हणजे तो अवकाश वाफेने परिभूत झाला असे म्हटले आहे.

उदाहरणार्थ, हवा पाण्याच्या वाफेने परिभूत असते किंवा नसते. हवेत वाफेचे मान किती आहे, हे मापण्याचे जे शास्त्र त्यास आर्द्रतामापन म्हणतात. हवेत वाफेचे मान ह्याण्याच्या बदली फक्त आर्द्रता असे म्हणू. याचा अर्थ बरोबर लक्षात येण्याकरिता आता त्याची व्याख्या देऊ. जर उ<sup>०</sup> ह. उष्णमानावर विवक्षित आकारमानाच्या हवेस वाफेने परिभूत करण्यास जे पाणी म्हणजे पाण्याची वाफ लागेल, त्याचे वजन दर्शविण्यास व<sub>उ</sub> अक्षर घेऊ. आणि त्याच आकाराच्या हवेत वास्तविक जी वाफ असेल तिचे वजन ए या अक्षराने दर्शवू. जर हवेची आर्द्रता ह कल्पिली, तर हची किंमत अशी होते.

$$ह = \frac{ए}{व_उ}$$

व्यापेक्षां हवेत तिला परिभूत करण्यास जितकी वाफ लागेल, त्याहून जास्त वाफ असू शकणार नाही, त्यापेक्षा व<sub>उ</sub> पेक्षा ए कधी मोठा असू शकणार नाही. यास्तव जेव्हा हवा वाफेने परिभूत असेल, तेव्हा—

$$ह = \frac{व_उ}{व_उ} = १.$$

असेल, आणि जेव्हा हवेत अगदी वाफ असणार नाही, म्हणजे हवा अगदी कोरडी असेल तेव्हा ए = ० असेल; म्हणून हवेची आर्द्रता ० होईल. याकरिता हची किंमत १ आणि ० या मध्ये काहीतरी असेल.

१७९. आर्द्रतादर्शक—कित्येक यंत्रे अशी आहेत की, त्यावरून हवेत आर्द्रता आहे एवढे समजते. परंतु त्यावरून हवेतील आर्द्रतेचे मान समजत नाही. म्हणून अशा यंत्रास आर्द्रतामापक न म्हणता आर्द्रतादर्शक म्हणतात.

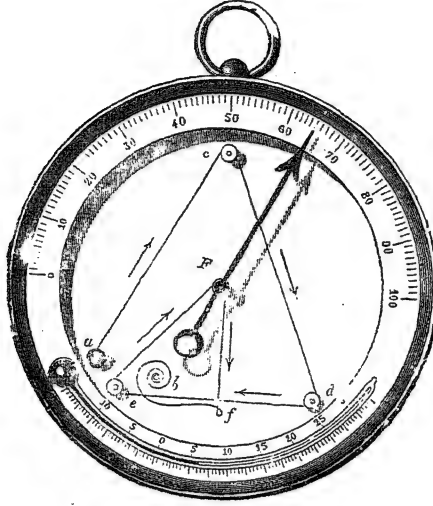
१. समुद्रातील तृण हे सर्वात साधे आर्द्रतादर्शक आहे. यात अनेक क्षार असतात, व त्यांची पाण्याशी मोठी प्रीति असते. म्हणून हवेत जशी आर्द्रता असेल त्याप्रमाणे हे तृण जास्तकमी ओलसर होते.

२. क्याटगटचे (तातीचे) आर्द्रतादर्शक—जाड व पीळदार तात जर चांगली स्वच्छ केली, तर ती हवेतील आर्द्रता शोषण करील, आणि हवेतील आर्द्रतेच्या मानाप्रमाणे जास्त कमी ओलसर होईल, म्हणजे सदांच. आता असली तात सदांचली

तो परितुल्य होताने त्या मोगाजवळ जेवळ असत, तेव्हा एक मनुष्य छत्रा घेऊन असल्या घरातून बाहेर येतो, आणि म्हणून त्या वेळी पाऊस लागण्याचा संभव आहे असा अंदाज होतो. आणि जेव्हा हवा कोरडी असते तेव्हा मनुष्य आपोआप आत जातो, व एक स्त्री पंखा घेऊन बाहेर येते. बाहेर येणे व आत जाणे या क्रिया तातीच्या आखूड व लांब होण्याने घडतात. अशी घरकुलें अद्याप (विलायतेत) छोट्या खेड्यांमध्ये दृष्टीस पडतात.

३. मानिअर याचा केंसाचा आर्द्रतादर्शक—चांगला स्वच्छ केलेला केंसही जास्तकमी आर्द्रता शोषण करितो. यामुळे आर्द्रताशोषण केल्यामुळे तो ड्या मानाने आंखूड होतो, त्यावरून हवेतील वाफेचे मान समजते.

खालील आकृतीत एक कांटा आहे तो अंश पाडलेल्या वाटोळ्या तबकडीवर फिरतो. (आकृति ९२ पहा) हा कांटा फार सूक्ष्ममानाने तोललेला असून तो सहज ए या आंसा-



आकृति ९२ वी.

वर फिरतो. चांगला स्वच्छ केलेला केंस  $a$  ठिकाणी अडकविलेला असून तो  $cde$  या हलक्या वलहान कर्पावरून नेऊन कांट्याच्या  $F$  आंसाभोवती कितीक वळसे देऊन  $f$  ठिकाणी एका थोड्या पाण्याच्या अशा निःशक्त  $b$  कमानेस गच्च बांधिला आहे.

यावरून उघड आहे की, हवेतील आर्द्रतेप्रमाणे केंसाची लांबी बदलेल व त्याप्रमाणे कांटा पुढे मागे फिरेल, आणि हवेतील आर्द्रता समजेल.

सर्वमान्य अशा आर्द्रतामापकावरून असल्या यंत्रावर अंश मांडिले म्हणजे यानें हवेंतील आर्द्रतेचें मानही समजतें.

प्रयोग—आर्द्र हवा ज्या खोलींत आहे, अशा खोलींत आणि ज्या खोलींतील हवा व्याल्लेअम झोराडानें कोरडी केलेली आहे, अशा खोलींत हें यंत्र ठेवावें, म्हणजे कांटा जास्तकमी पुढें मागें कसा जातो हें समजेल.

१८०. आर्द्रतामापक—ज्या सूक्ष्मयंत्राच्या योगानें आपणास एवढा या अपूर्णाकाची किंमत काढिता येते, अशा यंत्राचा विचार करूं. या अपूर्णाकावरून आपणास हवेच्या आर्द्रतेचें मान समजतें.

प्रत्यक्ष प्रयोगावरून किंवा कलम १५२ यांत सांगितल्या रीतीनें निरनिराळ्या उष्णमानांवर विवक्षित आकारमानाच्या हवेस परिभुत करण्यास किती वजनाचें पाणी झणजे पाण्याची वाफ पाहिजे यांचें व त्या त्या उष्णमानांचें कोष्टक तयार करितां येईल.

म्हणून या कोष्टकावरून आपणास एवढा या अपूर्णाकाचा छेद वड समजेल. यास्तव प्रत्यक्ष प्रयोगानें फक्त याचा अंश ए मात्र काढावयाचा असतो. झणजे ज्या हवेचा विचार करीत आहों, तसल्या विवक्षित आकाराच्या हवेंत प्रत्यक्ष किती वजनाचें पाणी आहे, एवढेंच काढावयाचें असतें.

१८१. रासायनिक आर्द्रतामापक—ए वजन काढण्याची अगदीं सरळ रीति न्हटली म्हणजे रासायनिक आर्द्रतामापकाची होय. या यंत्रांत विवक्षित आकाराचा वायु ( जितका आकार मोठा घ्यावा तितकी चूक कमी होते ) आर्द्रताशोषक अशा पदार्थानें भरलेल्या नळ्यांतून जाऊं देतात. आर्द्रताशोषक पदार्थ हवेंतील सर्व आर्द्रता शोषून घेता. नळ्याचें पूर्वी व नंतर वजन केलें म्हणजे त्या दोहों मधील जें अंतर तें ज्या आकाराची हवा नळ्यांतून घालविली असेल, तिजमधील पाण्याचें वजन असतें. यावरून हव्या त्या आकाराच्या हवेंतील पाण्याच्या वाफेचें वजन ए काढितां येतें. हवेचें जें उष्णमान असेल, त्या उष्णमानावर हवेस परिभुत करण्यास पाणी किती लागतें, तें कोष्टकांत पाहून वड याची किंमत काढितां येते. आणि यावरून ए याची किंमत समजते.

टीप—तीव्र सल्फ्युरिक आसिडांत पमिसस्टोन याचे तुकडे भिजवून नळ्यांत मारतात; किंवा व्याल्लेअम झोराड्याचे खडे भरतात.

नळ्यांतून घालविलेल्या हवेचें आकारमान मोजण्याचें काम अगदीं साधें नसतें. परंतु त्याविषयी आक्षेप येथें जास्त विचार करीत नाहीं.

१८२. देवाचा बिंदु दर्शविणारे आर्द्रतामापक—ज्या आर्द्रतामापकाचा साधारणपणें उपयोग करितात, त्याविषयी आतां विचार करूं. यास देवाचा बिंदु दर्शविणारे असें नांव कां दिलें आहे, तें लवकरच समजेल. या आर्द्रतामापकांत प्रथमतः हवेचें उष्णमान काय आहे हें आपण पाहतो. तें उंश, आहे असें समजू. नंतर हवेंत

असलेल्या वाफेने हवा परिभुत व्हावी व ती वाफ थिजून दाहिवर पडूं लागवि. इतकें हवेच्या काहीं भागाचें उष्णमान आपण कमी करितो; तें उष्णमान  $उ_१$  श. आहे असें घेऊं. असें होणें अगदीं शक्य आहे. कारण जर हवेंत काहीं पाण्याची वाफ असेल, (आणि सर्वदा हवेंत काहीं तरी वाफ असते) तर जरी ही वाफ हवेच्या हल्लींच्या  $उ^{\circ}$  श. उष्णमानावर तिला परिभुत करीत नाही, तरी ती  $उ_१^{\circ}$  श. या कोणत्या तरी कमी उष्णमानावर तिला परिभुत करूं शकेल. येणेंकरून आपणास हवेंतील वाफेचा वास्तविक जोर समजतो. कारण तो  $उ_१^{\circ}$  श. उष्णमानावर जो परमावधीचा जोर तोच या वाफेचा असला पाहिजे. तो  $दउ_१$  आहे असें समजूं. आतां  $उ^{\circ}$  श. उष्णमानाच्या एक लीटर हवेमधील वाफेचे प्रत्यक्ष वजन ( $प$ ) किती आहे, हें काढावयाचें राहिलें. तें कलम १५२ यांत दिलेल्या सारणीवरून असें निघतें.—

$$प = द \frac{१.२९३ \times दउ_१ \times २७३}{७६० \times (२७३ + उ)} \dots\dots\dots (१)$$

आणि याच सारणीवरून—

$$वउ = द \frac{१.२९३ \times दउ \times २७३}{७६० \times (२७३ + उ)} \dots\dots\dots (२)$$

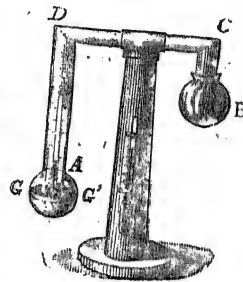
(१) यास (२) यानें भागून—

$$ह = \frac{प}{वउ} = \frac{दउ_१}{दउ}$$

जर आपणास दंवाचा बिंदु  $उ_१$  आणि हवेचें उष्णमान  $उ$  अशीं समजलीं, तर या प्रकरणाच्या शेवटीं परमावधीच्या दाढ्यांच्या जोराचें जें कोष्टक दिलें आहे, त्याच्या साहाय्यानें ह म्हणजे हवेंतील आर्द्रता किंवा आर्द्रतेचें मान काढितां येईल.

१८३. डेनिल याचें दंवाचा बिंदू साखविणारें आर्द्रतामापक—या यंत्रानें दंवाच्या बिंदूपर्यंत काहीं हवेस थंड करितात आणि असें होण्याच्या वेळचें तिचें उष्णमान खालीं लिहिल्याप्रमाणें मापितात.

C D या वांकविलेल्या नळीनें A आणि B हे दोन फुगे जोडलेले आहेत. साऱ्या नळींत यांपैकीं A हा एक फुगा अर्धा भरण्यापुरता ईथर हा मद्याक आहे. नळीच्या बाकीच्या पोकळींत ईथरची वाफ आहे, व हवा बिलकुल नाही. A फुग्यांत एक लहान उष्णमापक आहे, व त्याचा फुगा A मधील ईथर मध्यें बुडालेला आहे. (आ. ९३ गहा) A फुग्या समोवती त्यातील उष्णमापकाच्या फुग्या इतक्या उंचीवर एक चकचकीत सोन्याच्या



आकृति ९३ बी.

तारेचें वळें किंवा काळ्या केलेल्या काचेचें वळें आहे. B फुग्या सभोंवतीं मसलीनचा पातळ कपडा बांधलेला आहे. यंत्राच्या बैठकीवर आणखी एक उष्णमापक असतें. यानें त्या वेळचें हवेचें उष्णमान उं झ. समजतें आणि म्हणून आपणास कोष्टकावरून दड म्हणजे त्या उष्णमानावरचा वाफेचा परमावधीचा दाब एकदम काढिता येतो.

B फुग्यावरील कापडावर ईथर ओतून त्यास त्याच्या बाष्पभवनानें शीत करावें. येणेंकरून क्रायफोस्स मधील वाफ ज्याप्रमाणें थिजली त्याप्रमाणें B मधील वाफ थिजते, आणि A मधील ईथरची आणखी वाफ होतें, व येणें करून A मधील ईथरचें उष्णमान कमी होतें. ईथरबरोबर त्यांतील उष्णमापक आणि सर्व A फुगा शीत होतो. फुग्या भोंवतालच्या वळ्याचें उष्णमान आंतील उष्णमापकावरून बरेंच बरोबर समजतें; कारण हें वळें व उष्णमापकाचा फुगा सारख्या उंचीवर असतात. हें वळें शीत झाल्यावर बाहेरील जी हवा त्याच्या सन्निध असते, तीही थंड होते, आणि उष्णमान बरेंच उतरलें, झणजे तिजमधील वाफ थिजून वळ्यावर दंव पडतो.

ईथरचें उष्णमान कमी होतें, त्याप्रमाणें त्यांतील उष्णमापक फुग्यावरील वळ्यापेक्षा जास्त थंड होतें. झणून जेव्हां प्रथम दंव पडतो, तेव्हां उष्णमापकावरून जें उष्णमान समजतें तें काहींस कमी असतें. हें उष्णमान उं आहे असें समजूं परंतु जर B फुग्यास शीत करण्याचें बंद केलें आणि A चें उष्णमान पुनः रुंद दिलें, तर फुग्यावर दिसता त्यापेक्षा काहीं जास्त वेळ दंव दिसेल. म्हणजे लहान उष्णमापकाचें उष्णमान थोडेसें वाढल्यावरही दंव दिसेल. हें उष्णमान उं असें कळू. तर खरा दंवाचा बिंदू असा असेल—

$$उ_१ = \frac{उ + उं}{२}$$

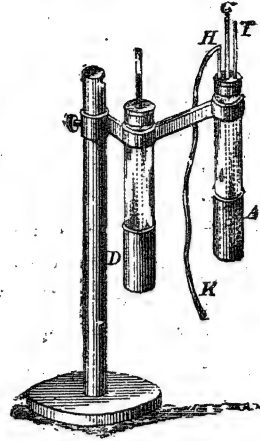
नंतर या प्रकरणाच्या शेवटी दिलेल्या कोष्टकांत दड१ याची किंमत पाहून हवेची आर्द्रता अशी काढिता येते:—

$$ह = \frac{दड१}{दड}$$

१८८. रेझाल्टचें दंवाचा बिंदू हाखाविणारें आर्द्रतामापक—वरील यंत्रांत कि-त्येक मोठे दोष आहेत. (१) प्रयोग करणारास यंत्राजवळ फार राहावें लागतें; (२) प्रथम केव्हां दंव पडण्यास सुरू होतो हें बरोबर सांगतां येत नाहीं. रेझाल्टच्या यंत्रांत हे दोष खालीं लिहिल्याप्रमाणें काढून टाकिले आहेत.

A ही एक रुंद तोंडाची परीक्षा नळी आहे. तिचें वूड कापून त्या ठिकाणीं पातळ व चकचकीत रुप्याच्या पत्र्याची नळी बसविली आहे. रुपें हा धातु चांगला उष्णतावाहक आहे, म्हणून रुप्याच्या नळीच्या बाहेरील हवेचें व त्यांतील ईथरचें उष्णमान हीं सारखीं असतील. नळींत ईथर असून त्यांत T या उष्णमापकाचा फुगा बुड-

विलेला आहे व तो रुप्याच्या भागाने आहे. (आ. ९४ पहा.) A नळीच्या बुडापर्यंत जाणारी व दोहों तोंडांनी उघडी अशी C नळी आहे. H K नळी A च्या माथ्यापासून वायुपात्रास जोडलेली आहे. हिच्या योगाने A मधील हवा वायुपात्रात ओढून घेता येते. या सर्व नळ्या A च्या तोंडात बसविलेल्या बुचांत बसविलेल्या असतात. वायुपात्राचा कोंक फिरवून त्यातील पाणी जाऊ दिले, म्हणजे C नळीतून A च्या बुडावरील ईथरमध्ये बहेरील हवा शिळून ईथर मधून तिचे बुडबुडे वर येतात. म्हणून ईथरचे वाष्पभवन चालून ते गीत होतें. ईथराची वाफ व हवा H K नळीने वायुपात्रात जाते. येणेकरून मागील यंत्रांतल्याप्रमाणे यंत्राजवळच्या हवेत कांहीं फेरफार होत नाही. T या उष्णमापकाने ईथरचे जें उष्णमान असतें तें छेव्या दुर्बिणीने अंतरावरून पाहतात. रुप्याच्या पत्र्याच्या बुडाची तसलीच, दुसरी नळी D शेजारें असते. ती थंड होत नाही म्हणून चकचकीत असते, यामुळे A नळीचे बुड मंद दिसेल लागले ह्मणजे त्यावरून देव केव्हां पडू लागतो, हें समजण्यास तिचा मोठा उपयोग होतो. या दुसऱ्या शीत न झालेल्या D नळीतील उष्णमापकावरून हवेचे उष्णमान उंश. समजतें. बाकी सर्व रीति मागीलप्रमाणेच आहे.



आकृति ९४ बी.

१८५. परिशुत करणाऱ्या पाण्याचे वजन काढणे—एक लीटर हवेस निर- निराळ्या उष्णमानावर वाफेने परिशुत करण्यास ज्या वजनाचे पाणी लागतें, त्या वजनाचे कोष्टक, कलम १८१ यांत सांगितलेल्या रीतीस लागतें. प्रकरण ७ कलम १५२ यावरून आपणास असे काढिता येतें की, जर उंश. उष्णमान असून त्या उष्णमानावर ह हा पाण्याच्या वाफेचा परमावधीच्या दादर्याचा जोर असला ( या जोराचे कोष्टक कलम १४८ यांत दिले आहे. ) तर,—

$$वड = \frac{.६२२ \times १.२९३ \times ह \times २७३}{७६० \times (२७३ + उ)}$$

म्हणून या सारणीने आणि ह च्या किमतीचे कलम १४८ यांत दिलेले कोष्टक यां- वरून वरील कोष्टक तयार करिता येईल. याप्रमाणे काढिलेले कोष्टक प्रत्यक्ष प्रयोगावरूनही खरे ठरले आहे.

एक लीटर हवेस ०° श. पामून ३०° श. पर्यंत उष्णमान असता परिशुत कर- ण्यास जें पाणी लागतें, त्याची मिलिग्राम (सहस्रांशग्राम) मध्ये वजन पुढील कोष्टकांत दिलें आहेत.

शतभाग उष्णमान.	परिष्कृत करणाऱ्या पा- ण्याचें वजन मिलिग्राम (सहस्रांशग्राम) मध्ये.	शतभाग उष्णमान.	परिष्कृत करणाऱ्या पा- ण्याचें वजन मिलिग्राम (सहस्रांशग्राम) मध्ये.
००	४.८६८	१६०	१३.५३१
१०	५.२०९	१७०	१४.३६६
२०	५.५७०	१८०	१५.२४६
३०	५.९५३	१९०	१६.१७२
४०	६.३५९	२००	१७.१४७
५०	६.७८९	२१०	१८.१७४
६०	७.२४६	२२०	१९.२५२
७०	७.७३०	२३०	२०.३८६
८०	८.२४२	२४०	२१.५७८
९०	८.७८४	२५०	२२.८३०
१००	९.३५६	२६०	२४.१४३
११०	९.९६१	२७०	२५.५२४
१२०	१०.६००	२८०	२६.९७१
१३०	११.२७५	२९०	२८.४९०
१४०	११.९८७	३००	३०.०७९
१५०	१२.७३८		

१८६. ओल्या व कोरड्या फुग्याचें आर्द्रतामापक—हें संज्ञ सर्व साधारण प्रचारांत आहे. याचें बीज असें आहे कीं, हवेंत जशी जास्त कमी आर्द्रता असेल, त्याप्रमाणें बाष्पभवन जलद किंवा सावकाश चालतें.

एका बैठकीवर A आणि B हीं दोन उष्णमापकें आहेत. A हें तसेंच आहे. परंतु B चा फुगा मसलीनच्या कपड्यानें मढवून तो कपडा सतत ओला ठेवितात. याकरितां पाण्याच्या भांड्यांतून वात किंवा चिंधी आणून ती या कपड्यावर सोडलेली असते.

B वरील कपड्यापासून जें बाष्पभवन घडतें, तेणेंकरून तो शीत होतो. यासुद्धें B उष्णमापक नेहमी A पेक्षां कमी उष्णमान दाखवितें. A नें हवेचें उष्णमान समजतें. (आ. ९५ पहा.)

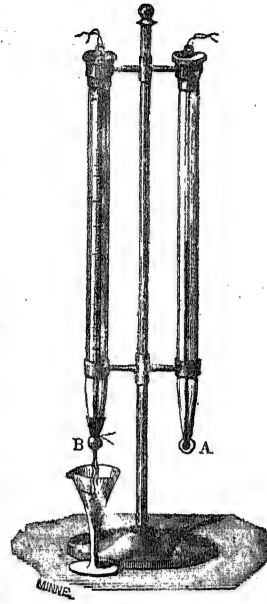
आतां जेव्हां एखादा पदार्थ हवेपेक्षां कमी उष्णमानावर असतो, तेव्हां पुढें प्रकरण १२ यांत सांगितल्याप्रमाणें तो जितकी उष्णता विसर्जित करितो तिजपेक्षां जास्त उष्णता शोषण करितो, आणि अशा रीतीनें हवेच्या इतक्या उष्णमानावर येण्याचा त्याचा कल असतो.

टीप—येथें हवेचें उष्णमान असें म्हणणें हें के-  
वळ स्थूल मानाचें असून सूक्ष्मदृष्ट्या बरोबर नाहीं;  
परंतु प्रस्तुतच्या विवेचनास चालेल.

यास्तव एकसारखें वाष्पभवन चालू ठेवून A  
हून कमी उष्णमानावर B स ठेवितां येईल, आणि  
हें जसें जास्तकमी वेगानें घडेल त्याप्रमाणें B मधील  
पारा A मधील पाण्यापेक्षा जास्त किंवा कमी अंत-  
रावर असेल.

वाष्पभवनाचा वेग (१) हवेच्या आर्द्रतामानावर  
आणि तिच्या दाबावर अवलंबून असतो. यास्तव A  
आणि B यांच्या उष्णमानामधील अंतर, आणि त्या  
वेळची भारमापकांतील पाण्याची उंची पाहून हवेची  
आर्द्रता काढितां येईल.

मागीलप्रमाणें याची उपपत्ति सांगणें सोपें नाहीं.  
यास्तव आझी ती येथें देत नाहीं. इतकें सांगणें  
बस आहे कीं, जितकी हवा कोरडी असेल, तितकें  
A आणि B मधील अंतर जास्त असतें, आणि जर  
हवा वाफेनं परिप्लुत असली तर दोन्ही सारख्या  
उष्णमानावर असतात.



आ. ९९ बी.

## ढग आणि धुकें.

१८७. ढग आणि धुकें यांचें स्वरूप—हवेच्या आर्द्रतामानाचा विचार केल्या-  
वर हवा वाफेनं परिप्लुत होऊन जेव्हां तिजमधील वाफ थिजून पाणी बनतें तेव्हां त्यापा-  
सून जे परिणाम घडतात, त्यांचा विचार करणें हें येथें स्वाभाविक आहे.

खरी वाफ अदृश्य असते. जेव्हां ती थिजते तेव्हां तिचे साधारणपणें पाण्याचे  
थेंब बनतात. हे थेंब मोठे असले तर ते पर्जन्यरूपानें खाली पडतात, किंवा चपटे  
होऊन पावें व भिंती यांस लोंबत राहतात. परंतु हे थेंब जर फारच लहान असले,  
तर फार चमत्कारिक पण सर्वांच्या नेहमी पाहण्यांतला असा परिणाम घडतो.

हें आपणास माहीत आहे कीं, काकवीत तोफेचे गोळे जलदी बुडतील; परंतु बंदु-  
कीच्या गोळ्या त्याहून सावकाश, व छरे फारच सावकाश बुडतील. परंतु पा-  
ण्यांत बारीक छरे जलदी बुडतील. तथापि धातूची बारीक भुकी पाण्यांत सावकाश  
बुडेल. हीच भुकी हवेंतून जलदी उतरण्याजोगी जड असेल; परंतु याहून बारीक रजो-  
रूप भुकी हवेंतून सुद्धा सावकाश पडेल.



काकवी, पाणी किंवा हवा. यांतून पदार्थ सावकाश पडतात, याचें कारण त्यांचा जास्त कमी रबरवीतपणा होय. (काकवी व मध यांची पाणी व मद्यार्क यांच्याशी तुलना केली असता पहिले दोन रबरवीत असतात, असें म्हटलें म्हणजे रबरवीत याचा अर्थ जास्त स्पष्ट समजेल.)

हेवे सारख्या प्रवाही पदार्थास आपण कधी सांद्र किंवा क्षिग्ध असें समजत नाही. तथापि स्पष्टपणें जे पदार्थ सांद्र किंवा दाट असतात त्यांचें जसें साधारण कणांशीं वर्तन होतें, तसें सूक्ष्म रजःकणांशीं सांद्र पदार्थासारखें हवेचें वर्तन घडतें; आणि हवेंत जे दग तरंगत व लोंबत राहतात, याचें कारण हेंच आहे. ड्या पाण्याच्या कणांचे ते बनले आहेत, ते हवेपेक्षा जड असतात, म्हणून ते हवेंतून खाली पडत असतात. परंतु हवेच्या सांद्रपणामुळे सावकाश खाली येतात. शांत हवेंत प्रत्येक दग खाली पडत असतो. परंतु तेव्हाही जसजसा तो गरम हवेंत खाली येतो, त्याप्रमाणें त्याची खालच्या पृष्ठभागाची एक सारंगी अवस्थेक वाफ होत असते. यामुळे त्याचा आकार एकसारखा कधी कमी होत जातो. यावरूनच मात्र तो खाली पडत आहे, असें लक्षांत येतें. परंतु त्यास दुसरें जें चलन मिळतें त्यामुळे त्याचें खाली पडणें पुष्कळ वेळां स्पष्ट समजत नाही.

सारांश दग हे ऋफेचे बनलेले नसतात. दग हा पाण्याच्या सूक्ष्मकणांचा समुदाय असून धुळीचे रजःकण जसे हवेंतून पडतात, त्याप्रमाणें तो सावकाश खाली पडत असतो. धुकें दगाच्या जातीचेंच असतें. आलीकडे असें आढळलें आहे कीं, धुकें बनण्यास हवेमध्ये पुष्कळ सूक्ष्मकण पसरलेले असावे लागतात. हे कण पाण्याच्या सूक्ष्मकणांस आधारभूत होतात. उंच प्रदेशां जे दग बनतात, त्यांसही अशा कणांची आवश्यकता आहे कीं काय हें निश्चयात्मक सांगता येत नाही. परंतु फार करून असावी असें दिसतें.

१८८. दगांची उत्पत्ति—दगांच्या उत्पत्तीचें साधारण कारण म्हटलें म्हणजे जास्त कमी आर्द्र हवेचें उंचप्रदेशां जाणें आणि तेथें दंव पडण्याच्या उष्णमानापेक्षा तिचें शीत होणें हें होय. उंच प्रदेशां शीत होण्याचीं अनेक कारणे आहेत.

(१) उंच प्रदेशाच्या थंड हवेशीं खालून चढलेली हवा मिसळते. (२) त्या ठिकाणीं तिच्या उष्णतेचें अबाधित विसर्जन चालतें. याविषयी प्रकरण १२ यांत स्पष्टीकरण केलें आहे. (३) जशी हवा वर जाते, त्याप्रमाणें तिजवरील दाब कमी होत गेल्यानें ती प्रसरण पावते; व प्रसरण पावण्यांत तिजमधील उष्णता खर्च होते; कारण प्रसरण पावण्यांत तिच्या सभोवतालच्या हवेस दूर लोटण्याचें काम करावें लागतें.

दगांचीं विखरे—आर्द्र हवेच्या ऊर्ध्वगामी स्तंभाच्या माथळ्यावर या प्रकारच्या

दगांचा समुदाय असतो. या समुदायांचा तळ स्पष्ट दिसतो, व त्या ठिकाणींच आर्द्र हवेचें उष्णमान दंवाच्या विंदूखालीं म्हणजे त्याहून कमी असतें. म्हणजे किती उंचीवर दंवाच्या विंदूहून कमी उष्णमान असतें, हें यावरून समजतें. या समुदायाच्या भोल आकारावरून हवा उष्ण प्रदेशां कशी फेंकली जाते; आणि दोहीं बाजूस कशी पडते, हें दिसून येतें.

पर्वतावरील ढग—जमिनीवरून, तळ्यांवरून, व नद्यांवरून वाहणारा जास्तकमी आर्द्र असा वारा पर्वताच्या बाजूवर थंडकला, म्हणजे तेथून वर उंच प्रदेशाच्या हवेंत फेंकला जातो: त्या ठिकाणीं तो शीत होतो; आणि त्याचें ढग बनतात. हे ढग पर्वताच्या शिखरावर लोंबत असलेले दिसतात. याशिवाय पर्वतांवर ढग बनण्यास दुसरींही कारणें आहेत. तीं मुख्यत्वेकरून विसर्जनावर अवलंबून असतात. जेव्हां सूर्य मावळतो, तेव्हां पर्वताच्या शिखरांपासून ( तेथील हवेच्या कोरडेपणामुळे ) अबाधित विसर्जन चालून तीं शिखरें शीत होतात, आणि यामुळे त्यांच्या सन्निध जी हवा असते, तिजमधील वाफ थिजते. याप्रमाणें सायंकाळच्या सुमारास सूर्याचा ताप कमी झाला म्हणजे पर्वताच्या माथ्यावर दगांची आच्छादनं बनतात.

१८९. पाण्याच्या प्रवाहांवरील धुकें—प्रवाहावर दोन भिन्न कारणांनीं धुकें उत्पन्न होतें. उन्हाळ्यांत सायंकाळीं जमीन विसर्जनानें जलदी थंड होते, परंतु पाणी थंड न होता तिच्याहून गरम राहतें; यामुळे त्यावरची हवा गरम होऊन वाफेनें परिभुत होते. जशी ही हवा वर जाते, व थंड हवेंत मिसळते, त्याप्रमाणें धुकें बनतें, व तें प्रवाहावर लोंबत राहतें.

श्लेसिअरचा म्हणजे वफांचा प्रवाह त्या समोवतालच्या हवेंहून थंड असतो आणि त्या सन्निधच्या हवेस शीत करून त्यांतील वाफेस थिजवितो आणि धुकें त्यावर बनतें.

१९०. निरनिराळ्या उष्णमानाच्या वाफेनें भरलेल्या वाऱ्यांचें मिसळणें—खालीं लिहिल्या रीतीनें पुष्कळ ढग बनतात. निरनिराळ्या उष्णमानांवर हवेस परिभुत करण्यास ज्या वजनाचें पाणी लागतें, त्याचें कोष्टक पाहिल्यास खालील गोष्टी स्पष्ट समजतील.

जर आपण हवेचें उष्णमान क्रमाक्रमानें वाढवीत गेलों, तर तिला वाफेनें परिभुत ठेवण्यास अभिकाधिक वजनाचें पाणी लागत जाईल. उदाहरण घेतल्यानें स्पष्ट समजेल.

समजा कीं,  $10^{\circ}$  श. उष्णमानावर हवा वाफेनें परिभुत आहे. जर तिचें उष्णमान  $11^{\circ}$  केलें तर तिला वाफेनें परिभुत ठेवण्यास जास्त वजनाचें पाणी लागेल. तें म<sub>१</sub> असें समजू. जर तिचें उष्णमान  $12^{\circ}$  केलें, तर तिला परिभुत ठेवण्यास आणखी म<sub>२</sub> वजनाचें पाणी लागेल. जर उष्णमान  $13^{\circ}$  श. केलें, तर आणखी म<sub>३</sub> वजनाचें पाणी लागेल. याचा अर्थ हा कीं, म<sub>३</sub> > म<sub>२</sub>, व म<sub>२</sub> > म<sub>१</sub>, आणि याप्रमाणें जास्त उष्णमानांविषयीही समजावें.

भातां जर  $१२^{\circ}$  श. वर परिभुत असलेल्या हवेचें उष्णमान  $११^{\circ}$  श. केलें, तर तिच्यां-  
तील म<sub>२</sub> वजनाचें पाणी थिजेल. कारण तिनें आरंभीं इतकें जास्त पाणी शोषण  
केलें होतें.

सारख्या वजनाच्या हवेचे दोन समुदाय अनुक्रमें  $१२^{\circ}$  श. व  $१०^{\circ}$  श. वर वाफेनें  
परिभुत आहेत. हे दोन एकत्र येऊन परस्परांत मिसळतात, आणि अखेर त्यांचें  
उष्णमान  $११^{\circ}$  श. होतें, म्हणून जो समुदाय  $१२^{\circ}$  श. उष्णमानावर परिभुत होता, तो  
आपल्यांतील म<sub>२</sub> वजनाचें पाणी बाहेर टाकील. कारण  $१०^{\circ}$  श. उष्णमानाची हवा  
म<sub>१</sub> पाणी शोषण करील. म<sub>२</sub> म<sub>१</sub> म्हणून हें उघड आहे कीं म<sub>१</sub> पेक्षा जितकें जास्त  
पाणी म<sub>२</sub> मध्यें होतें, तितकें थिजून त्याचा दग वनेल.

परिभुत करण्यास लागणारें पाणी उष्णमानापेक्षा अधिक प्रमाणानें वाढत जातें.  
यावरून असें अनुमान होतें कीं जेव्हां जेव्हां भिन्नभिन्न उष्णमानाच्या परिभुत हवेचे  
दोन समुदाय परस्पर एकत्र येऊन मिळतात, तेव्हां दग किंवा धुकें बनतें.

### प्रकरण ९ यावरील प्रश्न.

१. थंड विहिरींनून काढलेल्या पाण्याच्या भांड्याच्या बाहेरच्या बाजूवर दंव पडतो  
याचें कारण काय ?

२. सोमवारीं कोरड्या बोंडाच्या उष्णमापकाचें उष्णमान  $१६^{\circ}$  श. आणि ओल्या  
बोंडाचें उष्णमान  $१५^{\circ}$  श. अशीं आहेत; आणि मंगळवारीं अनुक्रमें  $१६^{\circ}$  श. व  $१४.८^{\circ}$   
श. आहेत तर यावरून तुम्हां काय अनुमान काढाल ?

३. यंत्रशाळेंतील हवेचें उष्णमान पाहिलें, तें  $२४^{\circ}$  श. होतें. दंवाचा बिंदु  $१३^{\circ}$   
श. होता. तर पृष्ठ  $१६.५$  यांत दिलेल्या कोष्टकावरून हवेची आर्द्रता काढा.

४. दंवाचा बिंदु  $१२^{\circ}$  श. आणि खोलीचें उष्णमान  $१६.५^{\circ}$  श. आहेत. तर  
खोलीची आर्द्रता काढा.

५. खोलीचें उष्णमान  $१५^{\circ}$  श. आहे, आणि दंवाचा बिंदु  $१०^{\circ}$  श. आहे; जेव्हां हवा  
परिभुत असते, तेव्हां तिजमधील वाफ  $१०००$  असते, असें कळवून या वेळीं खोलीच्या  
आर्द्रतेचें मान काढा.

६. नेहमी नैर्ऋत्य दिशेच्या वाऱ्याबरोबर पाऊस येतो, याचें कारण काय? पूर्वेचा वारा कां रुक्ष असतो?

०°श. पासून ३०°श. पर्यंत प्रत्येक अंशावरील परमदाब्द्याच्या वाफेच्या जोराचें कोष्टक.

शतभाग उष्णमान.	पाण्याच्या वाफेचा परमावधीचा जोर. (सहस्रांशमात्रा).	शतभाग उष्णमान.	पाण्याच्या वाफेचा परमावधीचा जोर. (सहस्रांशमात्रा).
०	४.६००	१६	१३.५३६
१	४.९४०	१७	१४.४२१
२	५.३०२	१८	१५.३५७
३	५.६८७	१९	१६.३४६
४	६.०९७	२०	१७.३९१
५	६.५३४	२१	१८.४९५
६	६.९९८	२२	१९.६५९
७	७.४९२	२३	२०.८८८
८	८.०१७	२४	२२.१८४
९	८.५७४	२५	२३.५५०
१०	९.१६५	२६	२४.९८८
११	९.७९२	२७	२६.५०५
१२	१०.४५७	२८	२८.१०१
१३	११.१६२	२९	२९.७८२
१४	११.९०८	३०	३१.५४८
१५	१२.६९९		

## प्रकरण १०.

### वहन.

**वहन**—प्रापणानें पदार्थांत उष्णतेचा संचार कसा होतो हें आपण मागें पाहिलें. या रीतींत जे प्रवाही किंवा वायूचे भाग उष्ण झाले, तेच चलन पावून दुसऱ्या ठिकाणी गेले; ह्याचून वास्तवीक उष्णतेच्या चलनापेक्षा उष्ण झालेल्या द्रवाचें किंवा वायूचें चलन असें त्यास म्हणणें अधिक प्रशस्त होय.

अगदीं रित्या जाग्यातून किंवा एकाद्या वायूतून त्यास उष्ण न करितां किरण वि-सर्जनानें उष्णता एका पदार्थातून दुसऱ्या पदार्थांत अत्यंत वेगानें कशी जाते याविषयी विचार प्रकरण १२ यांत करण्यांत येईल.

प्रापणाप्रमाणें पदार्थांचे भाग आपली जागा न बदलतां त्यांत उष्णतेचा संचार कसा होतो, याविषयी विचार या प्रकरणांत केला आहे. यांत ज्या अवकाशातून उष्णता जाते, त्याचा तिशीं निकट संबंध असतो. यांत पदार्थाच्या एका भागापासून दुसऱ्या भागास उष्णता पोंचते. म्हणजे प्रत्येक भाग उष्ण झाला म्हणजे तो आपल्या जवळच्या भागास उष्ण करितो; आणि याप्रमाणें पुढें क्रिया चालते. उष्णता पसरण्याची जी ही रीति ती सर्वांच्या परिचयांतली आहे, व हिला वहन असें म्हणतात.

**प्रयोग**—एक लांब धातूची कांब घेऊन तिला सारख्या अंतरावर खळगे पाडून त्यांत पारा भरावा. नंतर त्यांत लहान लहान उष्णमापकें धरिलां, आणि कांबीचें एक टोक उष्ण केलें तर उष्णता कांबीतून कशी वाहते, हें उष्णमापकावरून स्पष्ट समजतें. किंवा त्या खळग्यांत फास्फरसाचे तुकडे घातल्यानेंही ते एका मागून एक पेटतात, त्यावरून उष्णता कशी वहात जाते हें अनुभवास येतें.

१९२. शीघ्रवाहक व मंदवाहक.—पदार्थाच्या वाहक शक्ति भिन्नभिन्न असताना, हें नेहमींच्या अनुभवावरून आपणास समजतें.

(१) शीघ्रवाहक—गरम चहांत रूपाचा चमचा घातल्यानें त्याचा दांडा उष्ण होतो. रूपाच्या चहादाणीस उचलण्यास लाकडी मूठ असावी लागते. किंवा चहादाणी व मूठ ह्यांच्यामध्ये हस्तिदंती तुकडा तरी बसवावा लागतो. ह्या व असल्या दुसऱ्या प्रयोगांवरून आपणास समजतें कीं, धातु हे शीघ्रवाहक आहेत. तसेंच हिवाळ्यांत धातूस स्पर्श केला असतां ते फार थंड लागतात. कारण हातांतील उष्णता वहनानें धातूंत जाते; आणि जरी आपण तुकें लोकांच्या स्नान करण्याच्या अत्यंत गरम खोलींत असलों, तरी तेथें धातूस स्पर्श केला असतां इजा होईल. कारण त्या ठिकाणीं धातूतील उष्णता वहनानें तत्काळ हातांत येते.

(२) मंदवाहक—गरम पाण्याची भांडी उचलण्यास लांकडी तुकडे घेतो : व चहा-  
दाणीस व डांक घालण्याच्या लोखंडी काबीस लांकडी मुठी बसवितो. या ठिकाणी  
आपण पदार्थाच्या मंदवाहकत्वाचा उपयोग करितो. तसेच वापरण्यास फलानीन  
कपड्याचा उपयोग करितो. थंड देशांत बुटास बुचाच्या लांकडाचे तळवे घालितात.  
फलानीन, बुरगूस, भुसा किंवा गवत यांत बर्फ बांधितात; आणि बर्फाच्या घरांत बर्फावर  
गवत पसरून त्याचा बचाव करितात. या सर्व योष्टींत फलानीन, गवत वगैरे यांच्या  
मंदवाहकत्वाचा उपयोग करितात. परंतु सर्व पदार्थांत वायु हे अत्यंत मंदवाहक आहेत.  
या पदार्थांचे कण एकमेकांपासून इतके दूर आणि परस्परांपासून इतके स्वतंत्र अस-  
तात की, त्यांच्याने उष्णतेस एका कणापासून दुसऱ्या कणास पोहोचवत नाही.

झ्या मध्ये पुष्कळ हवा आहे अशा लोकर, पर, पिसें, अशा पदार्थांचा शरीरा-  
च्छादनास उपयोग करितात, तेव्हाही वायूच्या मंदवाहकत्वाचा उपयोग करितात.  
इडर या प्राण्याच्या लोकराच्या रजई असतात, त्यास हवेच्या रजई असे म्हणण्यास  
हरकत नसते. त्यांची मुख्य मातवरी त्यांत जी हवा असते, तिजवर अवलंबून असते.

साधारणतः वायूचे मंदवाहकत्व उष्णतेने त्यामध्ये जी प्रापणव्यापार सुरू होती,  
त्यामुळे दृष्टीस्पत्तीस येत नाही. परंतु जेव्हा लोकर किंवा पिसें यांच्या कणांमध्ये हवा  
किंवा दुसरा वायु संलग्न झालेला असतो, तेव्हा प्रापणव्यापार बंद पडतो, आणि त्याची  
मंदवाहकत्व शक्ति पूर्णपणे अनुभवास येते.

नावे लोकांची चूल ही बुरगुसाने आतून मढविलेली एक पेटी असते. तिजमध्ये  
बराबर बसणारी अशी अर्धवट शिजलेल्या पदार्थांची भांडी विस्तवावरून काढून  
बसवितात. सभोवतालच्या बुरगुसाच्या मंदवाहकत्वामुळे भांडी गरम राहते, आणि  
विस्तवावरून काढल्यावर शिजण्याची क्रिया तशीच पुढे चालते.

प्रयोग—शीग्रवाहक आणि मंदवाहक यांस एके ठिकाणी उष्णता लाविली असता  
ती त्यातून जलद व सावकाश कशी वाहते, हें पुढील प्रयोगावरून ध्यानांत येईल.

(१). A B हा एक रूळ आहे; त्याचा A भाग पितळेचा व B भाग लांकडाचा  
आहे. यावर कागदाचा तुकडा गच्च गुंडाळलेला आहे.

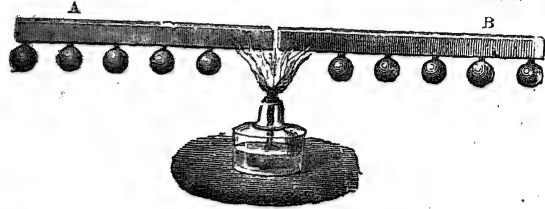
यास ज्योतीत धरिले असता धातूस झ्या ठिकाणी उष्णता  
लाविली असेल तेथून सर्व कणांत उष्णता वाहते, आणि  
आतूचा सर्व भाग बराच गरम होतो. यास्तव उष्णता  
धातूत पसरत असल्याने कागद जळत नाही. (आ. ९६ आकृति ९६ वी.)



पहा) परंतु लांकडास झ्या ठिकाणी उष्णता लागत असेल; तेथून दुसऱ्या कणांत वाहत  
नाही. आणि त्याचा विस्तवावरचा भाग खूप गरम होतो. आणि बाकी थंड राहतो.  
झणून B वरचा कागद जळतो.

१९३. वाहकत्वाची तुलना करण्याचे स्थूल प्रयोग—पुढील प्रयोगांवरून कित्येक धातु व दुसरे घन पदार्थ यांची अन्योन्य वाहक शक्ति पाहता येते. परंतु प्रत्येकाची वाहक शक्ति किती आहे, हें सूक्ष्म मानानें या प्रयोगांवरून समजत नार्हो असें सहजा लक्षांत येईल.

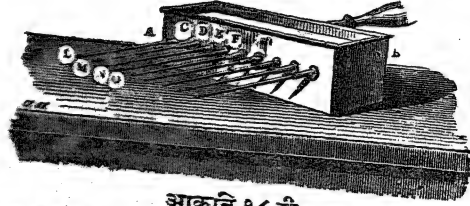
प्रयोग—A आणि B या दोन अनुक्रमें तांबें व लोखंड यांच्या कांबी आहेत. यांस



आकृति १७ वी.

आजून दाखविल्याप्रमाणें जोडून त्यांची एकच कांब केलेली आहे. (आ. १७ पहा. प्रत्येक कांबीच्या खालच्या बाजूस साध्यागसून सारख्या अंतरावर वाटाणे मेणानें चिकटविले आहेत. या संयुक्त कांबीच्या जोडखाली दिवा ठेवून त्यांस उष्ण करितों) ज्याप्रमाणें उष्णता कांबीतून वाहत जाते, त्याप्रमाणें मेण वितळून वाटाणे पडतात. त्यांच्या पडण्यावरून लोखंडापेक्षा तांब्यातून उष्णता जलद वाहते, हें समजतें.

(२) इंजेनहौस याचें यंत्र—A B ही एक कथिलाच्या पट्याची पेटो आहे,



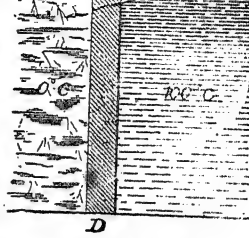
आकृति १८ वी.

नित्या एका बाजूत C D E F हे आंखुड नळ्यांचे तुकडे बसविलेले आहेत. (आ. १८ पहा) यांमध्ये बुचाच्या योगानें I M N O या निरनिराळ्या पदार्थांच्या कांबी बसविलेल्या आहेत. या कांबी सारख्या लांबीच्या व जाडीच्या असून बुचातून सर्वांचे सारखे भाग पेटोच्या भात गेलेले असवे, याविषयी विशेष काळजी घेतली पाहिजे.

या रीतीने भगदां स्थूल प्रयोग करणें झाल्यास प्रत्येक कांबीच्या पेटोबाहेरच्या बाजूस फास्फरसचा तुरुडा ठेवून पेटोत कढतें पाणी भरविं; आणि फास्फरस कोणत्या क्रमानें पेटतो, तें पाहविं. या दोन्ही प्रयोगांत कोणता फेरफार करून फार सूक्ष्ममानें वाहकशक्ति पाहता येते, हें पुढें एका प्रयोगांत दाखविलें आहे. तसेंच करण्या प्रयोगावरून वाहक शक्ति सूक्ष्ममानानें कां कळत नार्हो हेंही सांगण्यांत येईल.



ही एक चपटा पडदा आहे. समजा की, त्याची जाडी एक फूट आहे. त्याच्या एका बाजूस (बाहेरच्या)  $0^\circ$  श उष्णमानाचें बर्फ आहे, आणि अंतल्या बाजूस  $100^\circ$  श उष्णमानाचें पाणी आहे. (आ. ९९ पहा) या प्रमाणें पडद्याच्या दोहों बाजूस पाणी व बर्फ ठेवून बराच वेळ वाट पाहिली, तर  $100^\circ$  श उष्णमानाच्या पाण्यातून  $0^\circ$  श उष्णमानाच्या बर्फात दर मिनिटास किंवा



आकृति ९९ बी.

स्थिर होईल. म्हणजे दर मिनिटास किंवा दर सेकंदास पाण्यातून नियमित उष्णता जाऊन दर मिनिटांत किंवा सेकंदांत नियमित बर्फ वितळेल. एक चौरस फूट क्षेत्राच्या पडद्यातून दर सेकंदांत जी उष्णता जाते, तिचें जास्त किंवा कमी बर्फ वितळणें हें पडद्याच्या द्रव्यावर अवलंबून राहील. म्हणजे जर तो शीघ्रवाहक द्रव्याचा असेल, तर जास्त बर्फ वितळेल; आणि मंदवाहक द्रव्याचा असेल तर थोडें बर्फ वितळेल.

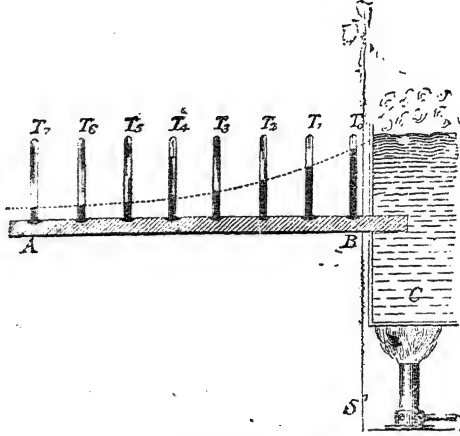
नियमित कालांत नियमित बर्फ विनळूं लागलें ह्मणजे आपणास दर सेकंदांत जें बर्फ वितळेल, त्यावरून पडद्याच्या द्रव्याची वाहक शक्ति मापितां येईल. बाकी सर्व गोष्टी अगदीं सारख्या ठेवण्याविषयी मात्र खबरदारी घेतलेली आहे.

यास्तव जर क्षेत्र, जाडी, आणि दोहों बाजूंच्या उष्णमानांतील अंतर वगैरे दरवेळीं समान असतील तर उष्णता वाहण्याची स्थिरावस्था प्राप्त झाल्यानंतर दर सेकंदांत विवक्षित पदार्थातून जी उष्णता जाईल, तिजवरून त्याची वाहक शक्ति आपणास मापितां येईल.

१९५. वाहकत्व मापण्याची काबीज याची रीति.—A B ही एक बाजूची कांब आहे. तिचें एक शेवट कढें पाणी असलेल्या C भांड्याच्या बाजून बसविलें आहे. S S हा चक्राकृत कथलाच्या पत्र्याचा पडदा आहे. याच्या योगानें कढत पाण्याचें कार्य C भांड्यातील कांबीच्या शेवटावर मात्र घडतें; इतर भागावर घडत नाहीं. कांबीस सारख्या अंतरावर भोंकें पाडून त्यांत पारा भरलेला आहे, व त्यांत अगदीं एकाच जातीचीं  $T_0, T_1, T_2, T_3, T_4, \dots, T_7$ , हीं उष्णमापकें ठेविलीं आहेत. (आ. १०० पहा) B शेवटापासून A शेवटाकडे उष्णमान कमी होत जाईल; आणि उष्णमापकांतील पारा क्रमानें खालीं गेलेला दिसेल. कांब इतकी लांब असावी की, तिजवरील शेवटलीं दोन उष्णमापकें सारख्या उष्णमानावर म्हणजे हवेच्या उष्णमानावर असावीं. B पासून A कडे उष्णमान कमी होत जाण्याचें कारण असें आहे की, कांबीपासून विसर्जनानें आणि प्रापणानें उष्णता बाहेर जात असे.



आतां आपण जर निरनिराळ्या धातूंच्या पण सारख्या जाडीच्या कांवी घेतल्या, आणि



आकृति १०० वी.

सर्वांवर हव्याच्या मुलाम्याचें पानळ आच्छादन दिलें, तर सर्वांचे पृष्ठभाग एकसारखे झाल्यामुळे सर्वांमधून सारख्या मानाची उष्णता विसर्जनानें व प्रापणानें जाईल. म्हणून उष्णमानकांनील पाण्याच्या स्तंभांची शिखरें सांधिलीं आणि रेषा काढिली तर ती वक्ररेषा B पासून A कडे उष्णमान कसें कमी होत गेले आहे, हें दर्शवील. निरनिराळ्या द्रव्यांच्या कांवीच्या भिन्नवाहकत्वाप्रमाणें या वक्ररेषेचा आकार बदलेल. कारण बाकी सर्व गोष्टी सर्व कांवीस सारख्या लागू आहेत.

अशा रीतीनें काढलेल्या वक्ररेषांवरून धातूंची वाहक शक्ति मापितां येईल.

प्रयोग—भसलें रेंव सहज करून फार्बिस याची रीति दाखवितां येईल.

१९६. हंजेनहौस याचें अधिक सूक्ष्ममानानें उपयोग करितां येणारें यंत्र.—कलम १९२ यामधील दोन्ही प्रयोगांत कोणते दोष होते, हें आतां आपणास समजेल. त्या ठिकाणीं कांवीस उष्णमानाच्या संबंधानें स्थिर अवस्था प्राप्त होण्याची वाट न पाहतां कोणत्या कांवीवरून जलद उष्णता गेली एवढेंच पाहिलें. यामुळे कशी चूक होण्याचा संभव असतो, हें पुढील प्रकरणांत सांगितलें आहे. येथें एक व्यवहारांतलें उदाहरण घेऊं, म्हणजे कांही लक्षांत येईल. समजा कां, दोन आगगाडीच्या कंपनीत उभारत आहेत, आणि यांपैकी कोणती कंपनी उतारू नेण्यास चांगली सोयीवार आहे, हें पाहण्याची आपली इच्छा आहे. तर ज्या कंपनीनें विवक्षित तारखेपर्यंत खूब दगड नेले तीच चांगली असें एकदम झपट्यानें येणार नाहीं. कारण तिच्या व्यवस्थेंत कदाचित् लवकरच धोंडाळा उत्पन्न होईल. यास्तव दोन्ही कंपन्या बरेच दिवसपर्यंत बारीनें काम करूं लागेपर्यंत वाट पाहिली पाहिजे; आणि नंतर कोणती कंपनी

इतक्या लांब असल्या की, त्यांची बाहेरील शेवटें हवेच्या उष्णमानावरच राहावीं. प्रत्येकीवर रूपाच्या मुलाम्याचा पातळ थर चढवावा. आणि नंतर तिजवर मेण सारवावें, आणि जास्त फेरफार होण्याचें बंद होईपर्यंत वाट पाहावी; आणि नंतर कोणत्या कांबीवरील मेण अधिक लांब पर्यंत वितळत गेलें आहे हें पाहावें. या ठिकाणी प्रत्येक कांबीतून विसर्जनानें व प्रापणानें सारखी उष्णता जाते, आणि उष्णतेच्या वहनास कायमपणाही आणिला आहे. म्हणून कांबीतून उष्णता वाहून जें मेण वितळलें तें कांबीच्या बाहकत्वावर अवलंबून असलें पाहिजे.

**प्रयोग—**रूपाचा मुलामा करण्याचें गाळलें, तर हा प्रयोग सहजी करिता येईल.

१९७. **द्रव आणि वायु.**—वहुतेक द्रव मंदवाहक आहेत. त्यांची वाहकशक्ति काढण्यास जे प्रयोग करिता येतात, ते सर्व निरूपयोगी असतात. कारण त्यांच्या मधील प्रापण बंद करिता येत नाही; आणि तें कदाचित् बंद करिता आलें तरी त्यांमध्ये उष्णता पसरते. प्रकरण ३ कलम ६३ प्रयोग २ यांत द्रवाची वाहकशक्ति काढण्याची रीति दाखविली आहे. परंतु या रीतीनें सुद्धा जी द्रवाची वाहकशक्ति कळते, ती घनपदार्थाच्या वाहेक शक्तीसारखी केवळ वाहकशक्ति नसते. तर उष्णतेचें प्रसरण होऊन तीत फेरफार झालेला असतो.

वायूची वाहकशक्ति याहून कमी असते. त्याविषयीचे प्रयोग करणें याहून कठीण असतें. व ते कधी समाधानकारक नसतात.

**टीप—**उष्ण आणि थंड पाणी, गोडें व खारें पाणी, निरनिराळ्या दाढ्यांचे वायु यांस हलका द्रव किंवा वायु वर आणि जड द्रव किंवा वायु खालीं याप्रमाणें एकत्र मिसळलें तर गुस्त्याकर्षणास न जुमानतां काहीं काळ गेल्यावर ते परस्परांत मिसळताना; आणि या वेळीं कोणतेही प्रवाह त्यांत दृष्टोपत्तीस येत नाहीत. प्रकरण ७ यांत सांगितल्यासारखी त्यांच्या कणांस जी गति मिळते तिजमुळे असे ते मिसळतात, व यासच अभिसरण असें म्हणतात.

१९८. **वाहकशक्तीची अगदी बरोबर व्याख्या.**—कलम १९४ यांत पडद्याची जाडी ज्ञ असली, आणि ह्या क्षेत्रांतून उष्णता वाहात आहे तें क्षेत्र क्ष असलें, दोहों वाजूंची उष्णमाने अनुक्रमें  $u_2$  श आणि  $u_1$  श असलीं, आणि दर सेकंदांत वाहणाऱ्या उष्णतेचें परिमाण प समजलें, तर असें फार संभवनीय दिसतें कीं प परिमाणाची उष्णता  $u_2$  व  $u_1$  या दोहों उष्णमानांच्या अंतराच्या ( $u_2 - u_1$ ) प्रमाणांत असावी, व ती जाडीच्या उलट प्रमाणांत असावी. आणि ती क्ष क्षेत्राच्या सरळ प्रमाणांत असावी हें तर उघड दिसतें. परंतु ही गोष्ट खरी आहे किंवा नाही याची प्रचीति प्रत्यक्ष प्रयोगानें घ्यावी.



$$\therefore p \propto \frac{u_2 - u_1}{j} \times \text{क्ष.}$$

$$\text{किंवा } p = \frac{n \text{ क्ष}(u_2 - u_1)}{j}.$$

आनां यांनील न ही संख्या काय आहे तें पाहू. ती खचीत पदार्थांच्या भर्मावर, म्हणजे त्यांच्या वाहकशक्तीवर मात्र अवलंबून असली पाहिजे. जर असें आपण कल्पिलें कीं,  $n=1$  चौरसफूट;  $j=1$  फूट;  $(u_2 - u_1)=1^\circ\text{श}$ ; तर वरील सारणीवरून  $p=n$  असें निघतें. याचा अर्थ असा कीं, एका सेकंदांत एक फूट जाडीच्या एक चौरस फूट जाग्यांतून दोहों वाजुंच्या उष्णमानांत  $1^\circ\text{श}$  अंतर असतें तेव्हां न परिमाणाची उष्णता जाते. यास्तव स्वाभाविकच न ही वाहकशक्ति झाली. नची किंमत निरनिराळ्या पदार्थांकरितां निरनिराळी असेल.

टीप—असेही आपणही आपणांस म्हटलें पाहिजे कीं, वहन स्थिर असलें पाहिजे म्हणजे सारखी उष्णता वाहू लागली पाहिजे. आणि वाहक क्षेत्र पडद्याच्या मध्ये घेतलें पाहिजे; कडेस उपयोगी नाही. कारण तेणेंकरून उष्णतेचें वहन सरळ रेषेत घडणार नाही.

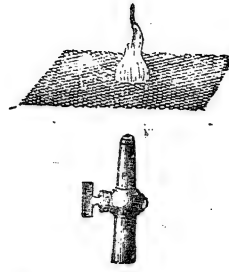
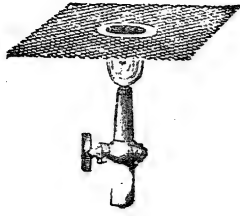
१२९. डेव्हीचा रक्षक दिवा—हा प्रसिद्ध खाणीवाल्यांचा जो दिवा त्याचें बीज बहनावर अवलंबून असतें. या दिव्याच्या योगानें शेंकडों खाणीवाल्यांचे जीव वांचतात; यास्तव याविषयी विचार करून हें प्रकरण संपवूं. उडणारे वायु एकदम पेटून जे अनर्थ होताना; ते टाळण्याकरितां हा दिवा डेव्ही यानें शोधून काढिला.

वायु पेटून उडतात व त्यापासून अनर्थ होतात त्यांचें स्वरूप—एकादा पेटणारा वायु आणि हवा यांचें खाणीत नेहमीं मिश्रण वनतें तसें मिश्रण झालें, आणि त्यास बत्ती लागली तर तें सर्व मिश्रण इतकें जलद पेटतें कीं, त्यापासून मोठा बार होऊन फार अनर्थ होतो.

सर्व मिश्रण खरोखर एकदम पेटत नाही. पेटण्यास हव्यातितक्या उष्णमानावर येण्याजोगा एक भाग उष्ण होतो व पेटतो. हा भाग शेजारच्या भागास पेटवितो. तो त्याच्या पलीकडच्या भागास याप्रमाणें सर्व मिश्रणांत उष्णता पसरते. याप्रमाणें उष्णता पसरत असतां जर त्या मिश्रणास कोणत्या तरी ठिकाणी थंड केलें आणि त्यानें जवळच्या भागास उष्ण करितां आले नाही तर मिश्रण पेटणार नाही.

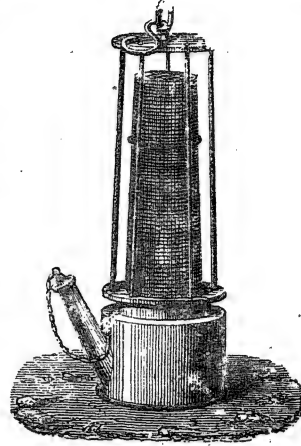
ज्योतीवर तारांच्या जाळीचें कार्य—तारांच्या जाळींतून ज्योत जात असतां जाळीस निळा इनकें थंड करितां येतें कीं, ज्योत लागलीच विझते. ती जाळीच्या पलीकडे जाऊ शकत नाही व मिश्रण जाळीच्या दुसऱ्या वाजूस पेटत नाही. याप्रमाणें ज्या ठिकाणीं ज्योत जाळीस स्पर्श करिते; त्या ठिकाणची उष्णता ती शोषण करिते, व काही अंशीं त्या उष्णतेस विसर्जनानें बाहेर टाकिते. याप्रमाणें दोन्ही रीतींनीं ज्योतीवर जाळीचें कार्य घडतें.

प्रयोग १.—बन्सेनचा घुराचा दिवा पेटवून किंवा मद्याकांचा दिवा पेटवून त्यावर जाळीचा तुकडा धरता. त्यांतून ज्योत वर जाणार नाही. (जाळीस लाल भडक



### आकृति १०१ वी.

डेव्हीचा रक्षक दिवा.—हा दिवा लोखंड व पितळ या धातूंच्या तारांचा केलेला असतो. ड्योतीच्या सर्भोवर जाळीचा पडदा असतो; व येणेकरून ड्योत व बाहेरील हवा यांमध्ये आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे जाळी असते. (आ. १०२ पहा) ड्योतीच्या माथ्यावर दुहेरी जाळी असते. कारण या आंगास अत्यंत उष्णता असते. वातीचा कोळी दिवा न उघडतां झाडतां येतो. ड्या ठिकाणीं खार्णीतला पेटणारा वायु थोडा आहे, अशा ठिकाणीं हा दिवा नेला तर पिवळ्या ड्योतीवर निळ्या ड्योतीची टोपी दिसते. हवेंत ड्या मानानें हा पेटणारा वायु असेल, त्याप्रमाणें ही टोपीची उंची जास्त किंवा कमी असते. उष्ण न झालेल्या हवेंत जळण्याजोगा जरी तो पुष्कळ नसतो, तरी ड्योतीजवळच्या उष्ण झालेल्या हवेंत तो जळतो. म्हणून ही टोपी दिसते.



### आकृति १०२ वी.

ड्याप्रमाणें या वायुचें मान वाढतें, त्याप्रमाणें या निळ्या टोपीचा आकारही वाढतो. जेव्हां तो वायु व हवा यांचें मिश्रण पेटविल्याबरोबर सर्व उडण्याजोगें असतें, तेव्हां जाळीची आवली सर्व जागा निळ्या ड्योतीनें भरते. या वेळीं मात्र भय असतें. कारण जाळी लालभडक होऊन त्यांतून ड्योत बाहेर जाण्याचा संभव असतो.

या दिव्यांतील दोष—(१) एकाद्या वेळीं वाऱ्याचा झोट जाळीवर आला, किंवा

वायुच्या झोतांमै आनली ड्योन फार झोले खाऊं लागली द्वाणजे, किंवा असल्या दुसऱ्या कारणानै जाऊंन ड्योन बाहेर पडते.

(२) ज्या इन्चें हा वायु फार असेल, तेथें हा दिवा विझतो.

(३) अगदी दिवा चांगला जळत असला तरी चांगला प्रकाश पडत नाहीं.

वर्णान असल्या वायु पेटून व त्यापासून मोठे वार होऊन जे अनर्थ होतान, त्या-विषयी ज्ञान विचार करणें फायदेशीर होईल. परंतु तेणेंकरून विषयांतर होईल.

### प्रकरण १० यावर प्रश्न.

(१) झोनकटिविभांतील प्रदेशांत धातूची भांडीं हानांत खेळविनांना जाड लो-करां बनवोचें घालावे लागतान. नाहीं तर हानास फोड घेऊन मोठी दुखापत होते; याचें कारण काय नें सांग.

(२) कलम १९४ यांत सांगितल्यासारख्या प्रयोगांत विवक्षित द्रव्याचा पडदा घेता तेव्हां त्यांतून जी उष्णता वाहिली तिणें दर मिनिटास २३ पोंड बर्फ वितळलें. दुसऱ्या द्रव्याचा पडदा घेतला तेव्हां दर मिनिटास १ औंस बर्फ वितळलें. दोहों पडद्यांची जाडी, क्षेत्र व उष्णमानांमधील अंतर बगैरे सर्व गोष्टी समान आहेत. तर दोहों द्रव्यांच्या वाहकत्वांमधील प्रमाण काढ.

(३) याच जातीच्या एका प्रयोगांत पडद्याचें क्षेत्र ३ चौरस फूट आहे; आणि दर मिनिटास २ औंस बर्फ वितळतें. दुसऱ्या एका पडद्याचें क्षेत्र २ चौरस फूट असून दर २ मिनिटांत २ औंस बर्फ वितळतें. दोहों वाकी सर्व गोष्टी समान आहेत. तर दोहोंच्या वाहकत्वांची तुलना कर.

(४) बर्फाची अनुकूल उष्णता ८० आहे असें घेऊन खाली दिलेल्या गोष्टींवरून द्रव्याची वाहकशक्ति काढ:—दोहों वाजुंच्या उष्णमानांमधील अंतर १००° आहे, पडद्यांची जाडी २ फूट आहे; पडद्याचें क्षेत्र ३ चौरस फूट आहे; दर सेकंदांत  $\frac{1}{10}$  पोंड बर्फ वितळतें. उष्णता मापण्याचें प्रमाण ११५ कलमांत दिलें आहे तेंच घ्यावयाचें आणि लोकीचें प्रमाण फूट घ्यावयाचें.

(५) पडद्याची जाडी १ फूट ८ इंच, क्षेत्र १२२ चौरस इंच असून दर  $1\frac{1}{2}$  मिनिटांत २ औंस बर्फ वितळत आहे. वाकी सर्व गोष्टी वरच्या उदाहरणाप्रमाणें असतील तर वाहकत्व काढ.

(६) साधारण नियम असा आहे कीं घनपदार्थ उष्णतेचे उत्तम वाहक असतात. द्रवकी पदार्थ त्यांहून वाईट वाहक असतात आणि वायुरूपी पदार्थ सर्वांत निकृष्ट वाहक असतात. पदार्थांच्या घटनेविषयी जें तुझ्यास माहीत आहे त्यावरून असें अनुमान तुझीन एकदम काढितां आलें असतें काय? तें सकारण सांगा. वायु चांगले ध्वनिवाहक असतान; परंतु निकृष्ट उष्णतावाहक असतात. याचेंही सकारण स्पष्टीकरण करा.

(७) पुस्तकांत सांगितलीं आहेत त्यांशिवाय पदार्थांच्या सुवाहकत्वाच्या व निकृष्ट वाहकत्वाच्या उपयोगाचीं व्यवहारांतील काहीं उदाहरणें सांगा.

विशिष्ट उष्णता.

२०० 'विशिष्ट उष्णता' याचा अर्थ.—आम्ही पूर्वी सांगितलें आहे कीं, पाण्याचें वजन आणि त्याचें जितके अंश उष्णमान चढविलें असेल ते अंश, या दोहोंवरून उष्णतेचें परिमाण मापितां येतें. एक पोंड पाण्याचें १°श उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागते ती प्रमाणभूत कल्पून तिला एक अंश उष्णता असें नांव दिलें आहे. म्हणून विवक्षित वजनाच्या पाण्याचें उष्णमान १°श चढविण्यास जी उष्णता लागेल, ती पाण्याच्या पोंडाच्या संख्येवरून मापितां येईल. उष्णता मापण्यास केवळ सोईकरितां पाणीच घेतलें आहे. परंतु कोणी असा प्रश्न करितील कीं, एक पोंड पाण्याच्या जागीं एक पोंड शिसें घेतलें, तर चालेल किंवा नाहीं? प्रत्यक्ष प्रयोग करून पाहूं. म्हणजे याचें उत्तर सहजी देतां येईल. तथापि हें पूर्वीच सांगून ठेवितों कीं, "निरनिराळे पदार्थ एकेक पोंड वजनाचे घेतले, तर त्यांचें १°श उष्णमान चढविण्यास निरनिराळ्या मानानें उष्णता लागते."

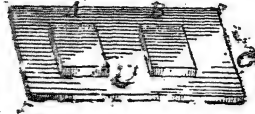
विवक्षित वजनाच्या कोणत्याही पदार्थाचें विवक्षित उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागते, त्याहून तेवढ्याच वजनाच्या पाण्याचें तेवढेंच उष्णमान चढविण्यास जास्त उष्णता लागते. म्हणून जर १ पोंड पाण्याचें उष्णमान १°श चढविण्यास जी उष्णता लागते ती प्रमाणभूत कल्पिली, आणि तिला एक अंश असें नांव दिलें, तर एक पोंड वजनाच्या दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थाचें १°श उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागेल, ती एक अंशाहून कमी असेल. म्हणजे ती एकाचा कोणता तरी भाग असेल. व ती भाग सम अपूर्णाक असेल. या अपूर्णाकास विशिष्ट उष्णता असें म्हणतात.

उदाहरण—विशिष्ट उष्णतेच्या कोष्टकांत विस्मय धातूची विशिष्ट उष्णता .०३ किंवा  $\frac{3}{100}$  किंवा जवळ जवळ  $\frac{3}{33}$  दिलेली आहे. याचा अर्थ असा कीं, एक पोंड विस्मय धातूचें १°श उष्णमान वाढविण्यास जी उष्णता लागेल, त्या उष्णतेनें  $\frac{3}{33}$  पोंड पाण्याचें मात्र १°श उष्णमान वाढवितां येईल.

२०१. भिन्नभिन्न पदार्थांची विशिष्ट उष्णता भिन्नभिन्न असते हें दाखविण्याकरितां प्रयोग.—विशिष्ट उष्णता कशी मापावी, याचा विचार करण्यापूर्वी भिन्नभिन्न पदार्थांच्या विशिष्ट उष्णता भिन्नभिन्न असतात, हें स्थूल मानानें दाखविण्यासाठीं काहीं प्रयोग करूं.

प्रयोग १-(A) आणि (B) हे विस्मय व लोखंड या दोन धातूंचे चौकोनी तुकडे आहेत; त्यांचा आकार व आकारमान अगदीं समान आहेत; प्रत्येकाच्या वरच्या पृष्ठभागावर मेण सारविलें आहे.

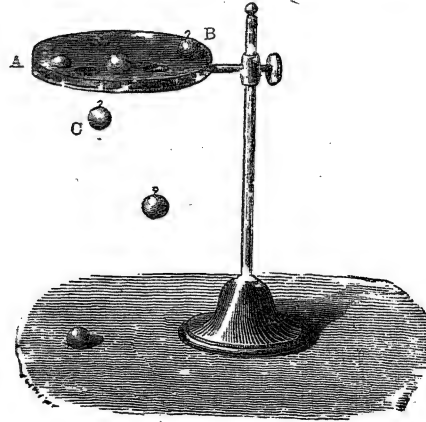
C C हा एक तांब्याचा पत्रा आहे, व त्यास सर्वत्र भागीं सारखें उष्ण केलें आहे.



आकृति १०३ वी.

सारख्या उष्णमानावर आणून त्यांच्या उष्णमानांची स्थिरावस्था झाली झणजे जर प्रत्येकावर मेणाच्या गोळ्या ठेविल्या, तर लोखंडावरील गोळ्या लवकर वितळतील. कारण लोखंड हा धातु विस्मयपेक्षा शीघ्रवाहक आहे. परंतु या वेळीं विस्मय याची विशिष्ट उष्णता फार कमी असल्याने त्यास पत्र्याचें उष्णमान लवकर आलें, व त्यांतून लवकर उष्णता वाहू लागली. या प्रयोगावरून हेंही लक्षांत येतें कीं, दोन पदार्थांचें सारखें उष्णमान होऊन दोहोंस समान व स्थिर अवस्था प्राप्त झाल्याशिवाय वाहक-शक्ति पाहूं लागल्यास विशिष्ट उष्णतेच्या भिन्नत्वामुळे खरी वाहक शक्ति झांकली जाते.

प्रयोग २—A, B, C, इत्यादि आंकडे लाविलेल्या निरनिराळ्या धातूंच्या



आकृति १०४ वी.

गोळ्या आहेत. यांचे आकार सारखे असून प्रयोग सूक्ष्ममानानें करणें असल्यास त्या सारख्या वजनाच्याही भसब्या. (आ. १०४ पहा) जे धातु जास्त जड आहेत, त्यांच्या

प्रयोग—विशिष्ट उष्णतामापकांत (याचें वर्णन कलम २०२ यांत केलें आहे.) विवक्षित वजनाचें थोडें थंड पाणी भरावें. यांत अर्धा पौंड कढतें पाणी घालून सर्व पाण्याचें उष्णमान काय होतें तें पाहवें. नंतर मापक रिकामा करून त्यांत पूर्वीच्या इतकेंच थंड पाणी घालावें, आणि या वेळीं त्यांत  $\frac{1}{2}$  पौंड कढतें पाणी व कढत्या पाण्याच्या उष्णमानाचे पाव पौंड छरे असे घालावे, आणि अखेरीस मापकांतील पाण्याचें उष्णमान काय होतें तें पाहवें. या वेळीं पूर्वपिक्षां उष्णमान पुष्कळ कमी असेल. म्हणजे पाव पौंड उष्ण्यांनीं त्याच्या जागीं जें पाहिल्या प्रयोगांत पाव पौंड पाणी होतें, त्याच्या इतकी उष्णता थंड पाण्यास दिली नाहीं.

### उष्णतामापन.

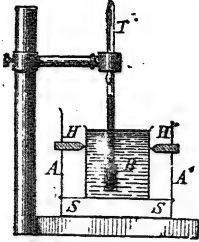
२०२. उष्णतामापनाचे उद्देश व त्याच्या रीति—या व पूर्वीच्या प्रकरणांत विशिष्ट उष्णता व अनुद्धत उष्णता यांच्या व्याख्या दिल्या, व त्यांचें स्पष्टीकरण केलें. त्या दोहोंस कसें मापावें, हाच उष्णतामापनाचा मुख्य उद्देश आहे. तसेंच विवक्षित वजनाच्या भिन्नभिन्न पदार्थांचा रसायन संयोग झाल्यापासून व दुसऱ्या अन्य रीतीनें जी उष्णता उत्पन्न होते, ती कशी मापावी, हाही उष्णतामापनाचा उद्देश आहे.

विवक्षित पदार्थांनं टाकिलेल्या उष्णतेनें विवक्षित वजनाच्या पाण्याचें उष्णमान किती अंश चढतें, हें पाहूनच विशिष्ट उष्णता मापितात; किंवा जर बर्फाची अनुद्धत उष्णता आपणास माहीत असली, (आणि ती  $10^\circ$  आहे असें काढिलें आहे.) तर त्या उष्णतेनें किती बर्फ वितळतें, हें पाहून विशिष्ट उष्णता काढितात. ज्या उष्णतेनें एक पौंड बर्फ वितळेल त्या उष्णतेनें एक पौंड पाण्याचें  $10^\circ$  उष्णमान चढेल.

ज्याची विशिष्ट उष्णता काढणें आहे त्याचें, व त्यानें थंड होते वेळीं बाहेर टाकिलेल्या उष्णतेनें ज्या पाण्याचें उष्णमान चढतें त्या पाण्याचें अर्शा दोहोंचीं वजनं पौंडांत घेतलीं किंवा ग्राममध्ये घेतलीं, तरी अर्थ सारखाच आहे. त्यांत काहीं भेद नाहीं. मात्र दोहोंचीं वजनं एकाच जातीच्या परिमाणांत घेतलीं पाहिजेत, हें लक्षांत ठेवावें.

२०३. मिश्रणाची रीति—उष्णता मापण्याचें साधें यंत्र.—उष्णता मापण्यास जें साधें यंत्र नेहमीं घेतात त्याचें वर्णन करूं; व त्याचें छिन्न काढून त्याचा उपयोग कसा करितात, तेंही आतां सांगूं.  $A \Delta$  हें कथलाचें चक्रकीत वाटोळें भांडें आहे; याची उंची  $8\frac{1}{2}$  इंच असून व्यासही सुमारे  $8\frac{1}{2}$  इंचच आहे.  $B$  हें  $A \Delta$  सारखेंच पण याहून लहान भांडें आहे. याची उंची ३ इंच व व्यास  $2\frac{1}{2}$  इंच आहे.





आकृति १०९ बी.

राखी ठेविले आहे व त्याचे कांड H, H' ( आ. १०५ पहा ) या लांकडी तुकड्यांच्या टेंकावर टेंकले आहेत. या आंतील B भांड्यांत आपण विवक्षित वजनाचें पाणी घालूं ; आणि त्यास मिळालेल्या उष्णतेनें याचें जितकें उष्णमान वाढेल, त्यावरून किती उष्णता यांत आली हें मापूं. बाहेरील A भांडें व आंतील B भांड्याचा बाहेरील पृष्ठभाग अशाकरितां चकचकीत ठेविला आहे कीं त्यांपासून विसर्जनानें होईल तितकी कमी उष्णता विसर्जित व्हावी. दोरी व लांकडी तुकडे यांनीं भांडें अंत-

राखी ठेवण्याचें कारण हें कीं, वहनानें ही उष्णता जाऊ नये. T हें उष्णमापक B भांड्यांतील पाण्यांत आहे; त्यावरून पाण्याचें उष्णमान समजतें. १०८. हें उघड आहे कीं, जेव्हां विशिष्ट उष्णता मापण्याकरितां ( उदाहरणार्थ ज्या धातूची विशिष्ट उष्णता मापणें आहे, त्या धातूस उष्ण करून पाण्यांत बुडवून ) B भांड्यांतील पाण्याचें उष्णमान वाढवूं, तेव्हां त्याबरोबर B भांड्याचें व त्यांतील T उष्णमापकाचेंही उष्णमान वाढेल. ( झणजे कोहीं उष्णता या दोहोंकडून शोषली जाईल. ) यास्तव ही उष्णताही हिशोबांत धरिली पाहिजे. आपली अशी इच्छा असते कीं, पाण्याशिवाय दुसऱ्या कशानेंही उष्णता शोषूं नये. परंतु असें होणें शक्य नाहीं. याकरितां B भांडें व T उष्णमापक या दोहोंच्या इतकी उष्णता शोषण करण्यास किती वजनाचें पाणी जास्त घ्यावें हें काढिलें पाहिजे.

B भांडें रिकामें असतां त्याचें वजन  $p_1$  पौंड आहे आणि  $k_1$  ही त्याची विशिष्ट उष्णता आहे असें घेऊं. याकरितां त्याचें  $1^\circ$  उष्णमान वाढविण्यास (  $p_1 \times k_1$  ) इतकी उष्णता तें शोषण करील. म्हणजे याची किंमत  $p_1 k_1$  इतक्या वजनाच्या पाण्याचें  $1^\circ$  उष्णमान वाढविण्यास जितकी उष्णता लागेल, तितकीच उष्णता  $p_2$  पौंड वजनाच्या भांड्याचें  $1^\circ$  उष्णमान वाढविण्यास लागेल. याचप्रमाणें जर  $p_2$ ,  $k_2$  अनुक्रमें उष्णमापकाचें वजन व त्याची विशिष्ट उष्णता असतील, तर त्या बरोबरीचें पाणी  $p_2 k_2$  पौंड होईल. म्हणून B भांडें व T उष्णमापक या दोहोंच्या बरोबरीचें पाणी क्ष समजलों तर—

$$\text{क्ष} = p_1 k_1 + p_2 k_2.$$

म्हणून जर B भांड्यांत  $p$  पौंड पाणी असेल तर त्याच्या जागीं हिशोब करितांना  $p + \text{क्ष}$  पौंड पाणी घ्यावें म्हणजे भांडें व उष्णमापकाचें शोषलेली उष्णता हिशोबांत येईल.

२०५. कोणत्याही धातूची विशिष्ट उष्णता काढणें.—ज्या धातूची विशिष्ट उष्णता काढणें आहे, त्या धातूचे विवक्षित वजनाचे लहान लहान तुकडे घेतात. त्यांस ताऱ्यांच्या जाळीच्या वाटींत घालून कढत्या पाण्यांत बुडवितात; आणि त्यांचें उष्णमान कोहीं नियमित अंशापर्यंत चढवून पटकन पाण्यांतून काढून वाटीसह त्यांस B भांड्यांतील पाण्यांत बुडवितात. आतां धातूचे तुकडे, वाटी, व पाणी जीं बरोबर जाताना,

समीकरण ल्याहाव. यात धातूची विशिष्टउष्णता अव्यक्त असल. समीकरण सोड-  
वून या अव्यक्ताची किंमत काढिली झणजे विशिष्टउष्णता निघेल.

असें घेऊं कीं,

क्ष—B भांडें व T उष्णमापक यांच्या बरोबरीचें पाणी.

प—B भांड्यांत आरंभी पातलेल्या पाण्याचें वजन.

प<sub>१</sub>—तारांच्या वाटीस लागून गेलेल्या पाण्याचें वजन. B भांड्याचें पूर्वी व मा-  
गून वजन करून व त्यांतून त्यांतील पदार्थाची वजनें वजा करून हें सहज काढितां येतें.

प<sub>२</sub> × क<sub>२</sub>—तारांच्या जाळीच्या बरोबरीचें पाणी.

व—धातूचें वजन.

क—त्याची विशिष्टउष्णता.

उ—B भांडें व त्यांतील पाणी यांचें झूळचें उष्णमान.

उ<sub>१</sub>—अखेरचें उष्णमान.

उ—कढत्या पाण्याचें उष्णमान.

धातूचे तुकडे, वाटी, व यांस लागून गेलेलें पाणी यांचें उष्णमान कमी होईल  
म्हणजे यांतून उष्णता जाईल. एकंदर यांतून गेलेली उष्णता (प<sub>१</sub> + प<sub>२</sub> क<sub>२</sub> + वक ).  
(उ-उ<sub>१</sub>) होईल. आणि B भांडें T उष्णमापक यांचें उष्णमान उ पासून उ<sub>१</sub> पर्यंत  
वाढेल. म्हणून याणीं शोषण केलेली उष्णता ( प + क्ष ) ( उ<sub>१</sub> - उ ) होईल; म्हणून  
समीकरण:—

$$(प_१ \times प_२ क_२ + वक) (उ - उ_१) = (प + क्ष) \times (उ_१ - उ)$$

प्रयोगावरून जीं उष्णमानें कळलीं आहेत, तीं, व प्रत्यक्ष जीं वजनें केलीं आहेत तीं,  
शिवाय करून या समीकरणांत क शिवाय आणखी अव्यक्त आहेत.

कारण (१) क हें अक्षर अव्यक्त आहेच; (२) प<sub>२</sub> क<sub>२</sub> हेंही अव्यक्त आहे, कारण  
यापैकी वाटीची विशिष्टउष्णता क<sub>२</sub> माहीत नाही; (३) क्ष हें अव्यक्त आहे. यांत  
भांडें व उष्णमापक यांच्या विशिष्टउष्णता आलेल्या आहेत. परंतु हें उघड आहे कीं,  
हीं अव्यक्तें सर्व प्रयोगांत सारखीच असतील. झणून यांच्या किमती काढण्याकरितां  
प्रत्येक वेळीं धातूची निरनिराळी वजनें घेऊन तीन प्रयोग करावे. म्हणजे हीं  
अव्यक्तें असलेलीं तीन समीकरणें येतील. त्या समीकरणावरून या निर्हीच्या कि-  
मती समजतील.

याप्रमाणें प<sub>२</sub> क<sub>२</sub> आणि क्ष यांच्या एकदां किमती काढिल्या म्हणजे ह्या तो पदार्थ  
घेऊन त्याची विशिष्टउष्णता क काढितां येईल.

टीप—प्रकरणाच्या अखेरीस ह्या रीतीनें केलेलीं एक दोन उदाहरणें दिली आहेत.  
परंतु बरील यंत्रां प्रत्यक्ष प्रयोग केल्यानें सर्व गोष्टी चांगल्या समजतात.

२०६. विसर्जनानें उष्णता जाते तिजविषयी—आम्ही पूर्वी सांगितलें आहे व पुढील प्रकरणांत भाणखी सांगूं कीं, एकाद्या खोलींतील सर्व पदार्थांचें उष्णमान समान होण्याचा सर्वदा कल असतो. साधारणतः या उष्णमानास हवेचें उष्णमान असें म्हणण्याची चाल आहे. (असें द्वाणणें सर्वदा बरोबर नसतें). हें उष्णमान उ० श आहे असें कल्पूं. आतां दुसरा कोणताही पदार्थ ज्याचें उष्णमान क्ष० श आहे असा खोलींत नेला. आतां हें क्ष० श उष्णमान उ० श उष्णमानापेक्षां जास्त किंवा कमी असेल. म्हणून हा पदार्थ जलद किंवा सावकाश शीत होईल, किंवा उष्ण होईल, आणि हें मान उ व क्ष यांमधील अंतरावर अवलंबून असेल. यास्तव उष्णता-मापकाचें उष्णमान उ० पासून जास्त वाढत असता त्यांतील कांहीं उष्णता विसर्जनानें कमी होत राहील.

उष्णतामापकांतून विसर्जनानें कांहीं उष्णता गेल्यामुळें जी चूक होते ती भरून काढण्याच्या दोन रीति आहेत.

(१) प्रतिपूर्णाची रीति.—प्रथमतः स्थूलमानानें प्रयोग करून उष्णतामापकांत पदार्थ घातल्यानें अखेरचें साधारण उष्णमान काय होतें तें काढितात. असें समजूं कीं तें उष्णमान क्ष० होतें. नंतर उष्णतामापकास त्याच्या मूळच्या उ० श उष्णमानापेक्षां

क्ष-उ इतके अंश त्याचें उष्णमान कमी होईपर्यंत शीत करितात आणि अशा नीच उष्णमानाचें उष्णतामापक घेऊन विशिष्ट उष्णता काढण्याकरितां प्रयोग करितात.

आतां अखेरचें उष्णमान स्वाभाविकच उ० श. पेक्षां  $\frac{\text{क्ष}-\text{उ}}{२}$  इतके अंश जास्त असेल. यास्तव उष्णतामापक हवेच्या उ० श. उष्णमानाहून  $\frac{\text{क्ष}-\text{उ}}{२}$  अंश कमी उष्णमानावर असल्यामुळें उष्णता शोषण करील आणि शेवटीं इतकेच अंश उष्णमान जास्त असल्यामुळें विसर्जित करील. याप्रमाणें शोषण व विसर्जन सारखें घडून बरीच चूक जाईल. अंकाचें उदाहरण घेऊं, म्हणजे जास्त लक्षांत येईल. हवेचें व उष्णतामापकाचें व मूळचें उष्णमान ३०° श आहे, आणि स्थूल प्रयोगानें काढलेलें अखेरचें उष्णमान ८०° श आहे. द्वाणजे पदार्थापासून मिळालेल्या उष्णतेनें उष्णतामापकाचें उष्णमान १०° वाढतें. आतां  $\frac{४०-३०}{२} = ५$  इतके अंश उष्णतामापकास शीत करितात. म्हणजे उष्णतामापकास २५° श वर आणून प्रयोग करितात. पदार्थाच्या योगानें एकंदर उष्णतामान १०° चढत असल्यानें अखेरचें उष्णमान ३५° श होईल. द्वाणजे मूळच्या ३०° श उष्णमानाहून ५° जास्त असेल. आरंभी ५° कमी होतें व पुढें ५° जास्त होतें. यास्तव ५° कमी असतां जितकी उष्णता शोषली जाईल तितकीच ५° जास्त असतां विसर्जित होईल, असें द्वाणण्यास हरकत नाही.

(२) हिशेब करून चूक भरून काढण्याची रीति.—स्थूल प्रयोगानें अखेरचें उष्णमान काढवें. समजा कीं तें क्ष० आहे. प्रत्यक्ष प्रयोगांत जितकें पाणी उष्णतामापकांत असावयाचें तितक्या वजनाचें पाणी उष्णतामापकांत घेऊन त्यास उष्ण करावें व क्ष० पेक्षां कांहीं जास्त उष्णमानावर न्यावें. नंतर यास हवेंत आपोआप शीत होऊं देऊन प्रत्येक अंश उष्णमान उतरण्यास किती काळ लागतो तो टिपून देवावा.

प्रत्यक्ष प्रयोगावरून निघालेल्या क्ष० उष्णमानाच्या जागी आपणास घेता येईल.

२०७. द्रवांची विशिष्टउष्णता—घन पदार्थांची विशिष्ट उष्णता काढण्याची जी रीति वर सांगितली, त्याप्रमाणेंच मुख्यत्वे करून द्रवांची विशिष्ट उष्णता काढण्याची रीति आहे. परंतु द्रव उष्ण केल्यावर एका भांड्यांत ओततात, आणि ते भांडें उष्णतामापकांतील पाण्यांत ठेवितात. यामुळे द्रव पाण्यांत मिसळत नाही.

२०८. रेझाल्टचें यंत्र—कलम २०३ यांत सांगितलेली रीति रेझाल्ट यानें सुधारून तिला जास्त सूक्ष्मता आणिली. त्या यंत्राचें वर्णन आम्ही येथें देत नाही. कारण वरच्याहून त्याची रीति विशेष भिन्न नाही; मात्र त्याच्या रीतीनें विशिष्ट उष्णता काढण्यास जास्त वेळ लागतो; व प्रयोग करितांना फार जपावें लागतें.

त्याच्या मुख्य सुधारणा अशा आहेत:—

(१) पदार्थास वाफेनें उष्ण करितात, यामुळे त्यास पाणी लागून मापकांत जात नाही. (पाण्याच्या उच्च विशिष्ट उष्णतेमुळे पदार्थाबरोबर जें पाणी जातें त्याचें वजन करण्यांत जरी थोडी चूक झाली, तरी त्यापासून काढलेल्या विशिष्ट उष्णतेत मोठी चूक होते.)

(२) उष्ण करण्याच्या ठिकाणापासून पदार्थास उष्णतामापकांत फार जलदी नेण्याची योजना असते. म्हणून तो मार्गांत थंड होण्याचें मान पुष्कळ कमी होतें.

(३) पदार्थास उष्ण करण्याकरितां जें भांडें व दिवा घेतला असेल, त्याची उष्णता उष्णतामापकास पोचूं नये, अशाविषयी फार खबरदारी घेतलेली असते.

२०९. विशिष्ट उष्णतांचें कोष्टक—पुढील कोष्टक डिस्त्रानल याच्या पुस्तकांतून घेतलें आहे.

पाणी = १.०००००.

### घनपदार्थ.

अंतिमनी .....	०.०५०७७	तांबें .....	०.०९२१५
रुपें .....	०.०५६०१	झाटिन्यू .....	०.०३२४३
आर्सेनिक .....	०.०८१४०	शिसें .....	०.०३१४०
विस्मय .....	०.०३०८४	क्याडमियम .....	०.०५६६९
कथील .....	०.०५६२३	लांकडी कोळसा .....	०.२४१५०
लोखंड .....	०.११३७९	हिरा .....	०.१४६८०
जस्त .....	०.०९५५५	फास्फरस .....	०.१८८७०
पितळ .....	०.०९३९१	ब्रॅबेगी ( शिसपेनीचा दगड ) .....	०.२१८५०
निकेल .....	०.१०८६०	गंधक .....	०.२०२५९
सोनें .....	०.०३२४४	काच .....	०.१९७६८
		आयोडिन .....	०.०५४१२

## द्रवरूपी पदार्थ.

पारा .....	०.०३३३२	वैझिन .....	०.३९५२०
आसेटिक आसिड .....	०.६५८९०	ईथर .....	०.५१५७०
आल्कोहोल ( ३६°श )...	०.६७३५०	टर्पेटाइन तेल .....	०.८६२९०

२१०. वायूची विशिष्ट उष्णता—या पुस्तकांत केवळ मूलभूत सिद्धांत सांगण्याचा उद्देश असल्यामुळे वायूची विशिष्ट उष्णता काढण्याच्या रीतीचें समग्र वर्णन करणें योग्य होणार नाहीं. म्हणून रेझाल्टच्या रीतीचें फक्त मूलतत्त्व मात्र येथें सांगितलें आहे. वायूच्या नीच दाब्यामुळे बऱ्याच वजनाचा वायु घेण्यास त्याचें आकारमान फार मोठें घ्यावें लागतें. ह्याप्रमाणे कांहीं विवक्षित परिमाणाच्या वायूस उष्ण करून मापकांत न घालतां सारख्या मानानें वाहणारा वायूचा प्रवाह घेणें अवश्य असतों. या प्रवाहास एका भांड्यांत उष्ण करून नंतर त्यास मापकांत जाऊ देनात, व तेथें तो शीत होतो. म्हणून अशा प्रयोगांत—

(१) वायूचा प्रवाह सारख्या मानानें वाहणारा असणें जरूर असतें; कारण येणेंकरून दर सेकंडांत जितका वायु जाईल, त्यावरून त्याचें वजन काढितां येतें.

(२) वायूस कांहीं नियमित अशा विवक्षित उष्णमानावर आणावें लागतें. भपक्याचें पाणी करण्याच्या शीतकांत ज्या प्रकारच्या नागमोडी आकाराच्या नळीचा उपयोग करितात, तसल्या नळीतून वायूचा प्रवाह जाऊ देऊन त्यास नियमित उष्णमान देतात.

(३) मापकांतही नियमित अशा विवक्षित उष्णमानावर येई पर्यंत तो शीत झाला पाहिजे. याकरितां त्यास मापकांतही नागमोडी नळीतून जाऊ देऊन शीत करितात.

बाकी सर्व कृति घनपदार्थांप्रमाणें मुख्यत्वे असते.

२११. वायूचा आकार कायम असतां आणि त्यावरील दाब कायम असतां त्याची विशिष्टउष्णता—घन व द्रव पदार्थांच्या विशिष्ट उष्णता काढतांना आपण त्यांचा आकार व त्यावरील दाब याविषयी कांहीं विचार केला नाहीं. परंतु आपण असे गृहीत घेतलें होतें कीं त्यावर सर्व काळ हवेचा दाब होता, आणि तें मोकळेपणीं प्रसरण पावत होतें. परंतु वायूचें प्रसरण इतकें जास्त होतें कीं, समान दाब असून जो वायु मोकळेपणीं उष्णतेनें प्रसरण पावत आहे तो वायु, आणि दाब वाढवून ज्याचा आकार नियमित ठेविला आहे तो वायु, या दोहोंस समान अंश उष्णमान देण्यास अगदीं भिन्नभिन्न मानाच्या उष्णता लागतात.

एक वेळीं वायु उष्ण होतांना उष्णमान वाढल्यामुळे तो प्रसरण पावतो; व त्याच्या वाढलेल्या आकारास जागा करण्याकरितां त्यास सभोवतालच्या हवेस दूर लोटवें लागतें; व हें काम करण्यांत कांहीं उष्णता खर्च होते. आणि दुसऱ्या वेळीं वायूचा आकार दाबानें कायम ठेविल्यामुळे उष्णतेस वायूचें उष्णमान मात्र वाढविण्याचें असतें.

टीप—घन व द्रव पदार्थ फार थोडे प्रसरण पावतात; यामुळे हवेस दूर लोटण्याचे काम इतके थोडे असते की, ते काम करण्यात जी थोडी उष्णता खर्च होते तिचा साधारणपणे आपण विचार करीत नाही.

झणून स्वाभाविकच कायम आकाराच्या वायूस उष्ण करण्यास जी उष्णता लागते, तिजपेक्षा वाढत्या आकाराच्या वायूस तितकेच उष्ण करण्यास जास्त उष्णता लागते.

जर वाढत्या आकाराच्या वायूची विशिष्ट उष्णता क असली, आणि कायम आकाराच्या हवेची क<sub>१</sub> असली, तर त्यांमध्ये असे प्रमाण असते.—

$$\frac{क}{क_१} = \frac{१.४१४}{१}$$

हे प्रमाण सर्व वायूस लागू पडते. प्रकरण १२ यांत या प्रमाणाविषयी पुनः विचार करण्यांत येईल.

२१२. ड्युलॉंग आणि पेटिट यांचा नियम—या उभयतां विद्वान गृहस्थानीं एक चमत्कारिक व उपयुक्त असा सिद्धांत शोधून काढिला आहे. तो जरूरी अलीकडील प्रयोगांवरून सूक्ष्म मानानें बरोबर नाही, असें समजले आहे, तरी तो फार महत्वाचा आहे. रासायनिक मूलतत्वांचे परमाणुगुर्व्व झणजे काय हे वाचकांस माहीत आहे, असें समजून खालील विवेचन केलें आहे. (रासायनशास्त्र पू.प्र. ५ पहा)

एकाकी पदार्थाचीं सारखीं वजनं न घेतां त्यांच्या परमाणुगुर्व्व्यांच्या प्रमाणांत घेतलीं, तर त्या सर्वांस सारखें उष्णमान देण्यास सारखी उष्णता लागते. अशा वजनांत एकाकी पदार्थांचे सारखे परमाणु असतात. म्हणून जर आपण प्रेत्यकाचा एकक परमाणु घेतला तर त्याचें एक अश उष्णमान वाढावण्यास सारखी उष्णता लागेल. याचा अर्थ असा की, सर्व एकाकी पदार्थांची परमाणुविशिष्ट उष्णता सारखी असते; किंवा जर एकाद्या एकाकी पदार्थाचें परमाणुगुर्व्व अ धरिलें, आणि त्याची विशिष्ट उष्णता क धरिली तर—

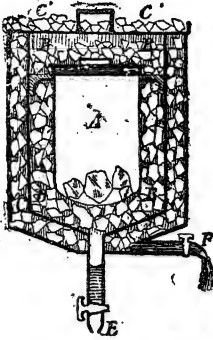
$अ \times क = ६.३$  हा आंकडा नित्य सारखा असतो.

वायूच्या संबंधानें आपणास असें माहीत आहे की, समान दाब व समान उष्णमान असतां एकाकी वायूच्या समान आकारमानांत समान परमाणु असतात. म्हणजे त्यांच्या समान आकाराचीं वजनं त्यांच्या परमाणुगुर्व्व्यांच्या प्रमाणांत असतात. झणून:—

समान दाब व समान उष्णमान असतां एकाकी वायूच्या समान आकारांचें उष्णमान वाढविण्यास समान उष्णमान लागतें.

२१३. बर्फाचें विशिष्ट उष्णतामापक—घन आणि द्रव पदार्थांची विशिष्टउष्णता काढण्याच्या दुसऱ्या एका मापकाचें वर्णन करूं. याचा उपयोग करण्यास बर्फाची अनुदूत उष्णता (पुढें समजणार आहे.) माहीत आहे असें गृहीत घेतलें पाहिजे. बर्फाची अनुदूत उष्णता ८० आहे. विवक्षित वजनाचा पदार्थ शीत होतांना त्याचें उष्णमान विवक्षित उष्णमानापासून ०° श होईपर्यंत जी उष्णता त्यातून बाहेर जाते, तिनें ०° श उष्णमानाचें किती वजनाचें बर्फ वितरून ०° श उष्णमानाचें पाणी होतें हें पाहणें हेंच या उष्णतामापकाचें मुख्य तत्त्व आहे.

असले एका तऱ्हेचें मापक खालील आकृतींत दाखविलें आहे. (आ. १०६ पहा).



आकृति १०६ वी.  
बाहेर जाईल.

A हें पातळ धातूच्या पाण्याचें किंवा तारांच्या जाळीचें भांडें आहे. यावर झाकण आहे, व याच्या सभोवार  $0^\circ$  श उष्णमानाचें बर्फ आहे. तें B B B B अक्षरांनीं दर्शविलेल्या जाग्यांत आहे. हें बर्फ बाहेरील उष्णतेनें भगदीं वितळूं नये, ह्यापून याच्या सभोवतीं एक भांडें असून त्यांत C C C C ठिकाणीं बर्फ घातलेलें आहे. तसेंच C' C' या झाकणावरही बर्फ आहे. या रीतीनें A भांड्याचें आणि B B B B ठिकाणच्या बर्फाचें उष्णमान  $0^\circ$  श कायम राहते, व यांत बर्फ आपोआप भगदीं वितळत नाहीं. याच्या सभोवतालचें C C C C बर्फ आणि झाकणावरील C' बर्फ वितळेल, परंतु त्याचें उष्णमान  $0^\circ$  श राहील. यांतील बर्फ वितळून जें पाणी येईल, तें पाणी F तोटीनें

विवक्षित व वजनाचा पदार्थ घेऊन व त्याचें विवक्षित उ उष्णमान होईपर्यंत त्यास उष्ण करून, झटकन A भांड्यांत घालवें. काहीं वेळानें त्याचें उष्णमान उतरून  $0^\circ$  श होतें, व त्यांतून बाहेर पडलेल्या उष्णतेनें असें समजूं कीं, प पौंड बर्फ वितळतें. प पौंड बर्फ वितळलें म्हणजे त्यानें (प  $\times$  ८०) इतक्या पौंड वजनाच्या पाण्याचें  $1^\circ$  श उष्णमान काढण्यास जितकी उष्णता लागते, तितकी उष्णता शोषिली. यास्तव समीकरण असें होतें.—(इष्ट विशिष्ट उष्णता दर्शविण्यास क्ष घेऊन)

$$व क्ष उ = ८० प.$$

$$\therefore क्ष = \frac{८० प}{व उ}$$

### अनुद्धत उष्णता.

२१४. द्रवीकरणाची अनुद्धत उष्णता—बर्फाच्या द्रवीभवनास किती उष्णता अनुद्धत होते, हें आतां आपण पाहूं. प्रकरण ६ कलम ११६ यांत याची व्याख्या दिलेली आहे. अनुद्धत उष्णता काढण्यास आपण साध्या विशिष्ट उष्णतामापकाचाच उपयोग करूं.

उष्णतामापकांत बर्फ घातल्यानें त्यांतील पाण्याचें उष्णमान उतरेल, आणि जर तें पाणी आरंभीं हवेच्या उष्णमानावर असलें तर त्याचें हवेच्या उष्णमानाहून कमी उष्णमान होईल व यामुळे तें सभोवतालच्या पदार्थापासून उष्णता शोषण करील.

यामुळे मापक जी उष्णता शोषण करील व तेणेंकरून जी हिशोबांत चूक होईल ती भरून काढण्याकरितां प्रथमतः स्थूल प्रयोग करून किती अंश उष्णमान उतरतें तें पाहवें. असें समजूं कीं क्ष उष्णमान उतरतें, नंतर प्रत्यक्ष प्रयोग करूं

लागण्यापूर्वी उष्णमापकास हवेच्या उष्णमाना पेक्षा  $\frac{1}{2}$  अंश जास्त उष्ण करावे. या रीतीने आरंभी उष्णतामापक उष्णता विसर्जित करील आणि शेवटी उष्णता शोषण करील; आणि चूक भरून येईल.

प्रयोगास जें बर्फ घ्यावयाचें तें  $0^{\circ}$  श. उष्णमानाचेंच घ्यावे.  $0^{\circ}$  साहून त्याज्ज उष्णमान कमी असून ये. तसेंच तें प्रयोगास घेण्यापूर्वी त्यास चांगलें कोरडे करावे. म्हणजे त्याचें वजन करितांना त्या वजनांत कांहीं पाण्याचें वजन येणार नाही.

प = मापकांत जें आरंभी पाणी घातलें असेल त्याचें वजन पौंड.

व = त्यांत घातलेल्या बर्फाचें वजन; हें वजन, आरंभी व शेवटी वजन करून व त्याची वजाबाकी करून काढावे.

क्ष = मापकाच्या बरोबरीच्या पाण्याचें वजन पौंड.

उ<sub>१</sub> = मापकाचें आरंभीचें उष्णमान.

उ<sub>२</sub> = त्याचें अखेरचें उष्णमान.

ग = बर्फाची गुप्त उष्णता.

आतां प्रथम  $0^{\circ}$  श उष्णमानाचें बर्फ वितळून त्याचें  $0^{\circ}$  श उष्णमानाचें पाणी बनतें. बर्फ व पौंड आहे, व त्याची गुप्त उष्णता ग आहे; ढाणून त्यानें वग अंश उष्णता शोषण केली असेल. पाण्याचें उष्णमान उ<sub>१</sub> पर्यंत चढलें आहे; ढाणून आणखी वउ<sub>२</sub> अंश उष्णता पाण्यानें शोषण केली असेल. एकंदर उष्णता जो बर्फास मिळाली, ती व (ग + उ<sub>२</sub>) आहे.

मापकाचें उ<sub>१</sub> पासून उ<sub>२</sub> पर्यंत उष्णमान उतरलें आहे ढाणून त्यानें जी उष्णता वा-  
हेर टाकिली ती:—

$$(प + क्ष) (उ_१ - उ_२)$$

ढाणून समीकरण:—

$$व (ग + उ_२) = (प + क्ष) (उ_१ - उ_२)$$

$$\therefore ग = \frac{(प + क्ष) (उ_१ - उ_२)}{व} - उ_२$$

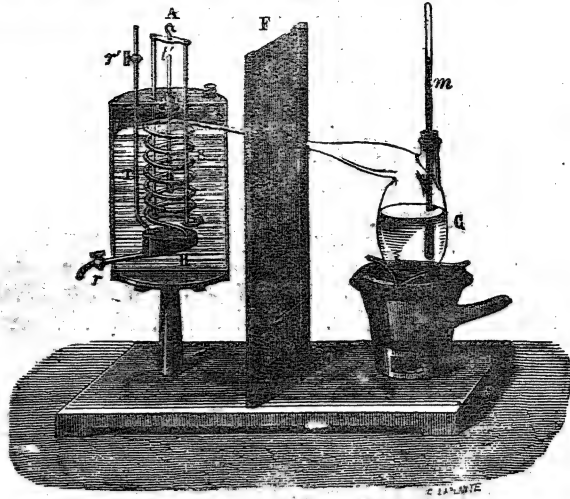
२१५. उष्णमापकांची परीक्षा करणे. — उष्णमापकावर आरंभी जो  $0^{\circ}$  घातला असेल तो त्याचा क्वचितच कायम राहतो. कांच सावकाश शीत होत असल्यामुळे फुग्याचा आकार कमी होतो, व यामुळे वरील प्रकार घडतो. आतां वर जे प्रयोग सांगितले त्यांत उष्णमानांची अंतरें घ्यावीं लागलीं; एकच उष्णमापक घेतलें तर  $0^{\circ}$  च्या खुणेंत कांहीं फेरफार झाला तरी ती चूक वजाबाकीत नाहीशी होईल. परंतु ज्या ठिकाणीं आपण दोन भिन्न उष्णमापकांचा उपयोग केला असेल, त्या ठिकाणीं चूक राहिल. या करितां अशा वेळीं त्यांची परस्पर तुलना केली पाहिजे.

परंतु वरील प्रयोगांत उ<sub>१</sub> हें उष्णमान वेगळें एकटेंच आहे. म्हणून  $0^{\circ}$  च्या खुणेंत जर उष्णमापकांत एक अंशाची चूक झाली, तर गुप्त किंवा अनुद्धत उष्णता दर्शवि-  
णाऱ्या आंकड्यांत एका संख्येची चूक होईल.



रीतीने काढितात, ते सांगू. ही रीति सर्व साधारण रीतीच एक उदाहरण आहे.

O एक भांडे आहे, व त्यांत पाणी कढत आहे. त्यांत M उष्णमापक आहे व ते



### आकृति १०७ वी.

त्यांचे उष्णमान दाखविते. वाफ प्रथमतः एका रुंद नळीत जाते, आणि तिजबरोबर काही पाण्याचा थंड आला असल्यास तो त्या नळीत राहतो. नंतर कलत्या नळीत वाफ चढते. यासुळे मापकांत वाफ जाण्यापूर्वी काही थिजली असल्यास तेंही पाणी परत O भांड्यांत पडते. मापकांत शिरल्यावर S या नागमोडी नळीतून R भांड्यांत जाते. नागमोडी नळी इतकी लांब असावी लागते की, सर्व वाफ थिजून नुस्ते पाणी भांड्यांत जावे. या R भांड्याचे उष्णमान नागमोडी नळीच्या सभोवतालच्या पाण्याच्या उष्णमाना इतके असते.

जे पाणी R नळीत जमते ते r नळीने बाहेर काढून घेऊन त्याचे वजन करिता येते. R भांड्यास जोडलेली T नळी वाताकर्षक यंत्रास जोडलेली असते व तिच्या योगाने पाण्यावरील दाब नियमित ठेवता येतो. T या उष्णमापकाने मापकाचे आरंभाचे व शेवटचे अर्शा उष्णमाने समजतात. F हा एक दोहो भांड्यांमध्ये पडदा आहे. (आ. १०७ पहा).

आता जी वाफ नागमोडी नळीत शिरते, तिचे आरंभाचे उष्णमान m उष्णमाप-

A4

B4

व पौंड घेऊं; मापकाचें आरंभीचें उष्णमान उं० घेऊं; वाफेची जी गुप्त उष्णता काढणें ती ग घेऊं. बाकी अक्षरें पूर्वीचींच कायम आहेत.

आतां वाफेचें बाहेर टाकलेली उष्णता—

$$व \times ग + व (उ - उ_१)$$

मापकाचें शोषण केलेली उष्णता—

$$(प + क्ष) (उ_१ - उ')$$

$$व ग + व (उ - उ_१) = (प + क्ष) (उ_१ - उ')$$

$$\therefore ग = \frac{(प + क्ष) (उ_१ - उ')}{व} - (उ - उ_१)$$

विसर्जनाचें जी उष्णता जाईल ती सर्व हिशोबांत धरली पाहिजे.

२१७. गुप्त उष्णता आणि एकंदर उष्णता.—निरनिराळ्या उष्णमानावर वाष्प-भवनाच्या गुप्त उष्णता ह्या रेझाल्ट यानें काढिल्या त्या खालील कोष्टकांत दिल्या आहेत. (डिझानल याच्या पुस्तकांतून हें कोष्टक घेतलें आहे.)

गुप्त उष्णतेशिवाय वाष्पभवनाची एकंदर उष्णता ही प्रत्येक वेळीं दिलेली आहे. ०°श उष्णमानापासून त्या उष्णमानावर चढविण्यास जी उष्णता लागते, ती गुप्त उष्णतेत मिळवून एकंदर उष्णता काढलेली आहे.

वाटाचा सिद्धांत किती खरा आहे, हें आपणास येथें समजतें. (क. १७२ पहा ).

शतभाग उष्णमान.	गुप्त उ- ष्णता.	एकंदर उष्णता.	शतभाग उष्णमान.	गुप्त उ- ष्णता.	एकंदर उष्णता.
००	६०६	६०६	१२००	५२२	६४२
१००	६००	६१०	१३००	५१५	६४५
२००	५९३	६१३	१४००	५०८	६४५
३००	५८६	६१६	१५००	५०१	६५१
४००	५७९	६१९	१६००	४९४	६५४
५००	५७२	६२२	१७००	४८६	६५६
६००	५६५	६२५	१८००	४७९	६५९
७००	५५८	६२८	१९००	४७२	६६२
८००	५५१	६३१	२०००	४६४	६६४
९००	५४४	६३४	२१००	४५७	६६७
१०००	५३७	६३७	२२००	४४९	६६९
११००	५२९	६३९	२३००	४४२	६७२

क्रांत्यापासून पुढे तत्कालीन हस्त निरनिराळ्या मातृव; यातूनही व त्यातूनही पुढील पदार्थांचे जें साधारणपणें ज्वलन घडतें, त्यापासून किती उष्णता उत्पन्न होते, हे त्यांनी काढिलें.

ह्या रीतीने त्यांनी हे प्रयोग केले, ती साधी होती. एका थोरल्या विशिष्टउष्ण-मापकांत एक भांडें असे, व त्यांत ज्वलन चाले; भांड्याच्या बुडाशी एक नळी असे. त्या नळींतून हवा मिळे आणि ज्वलनापासून उत्पन्न झालेले वायु व इतर पदार्थ भांड्याच्या माथ्यावर लावलेल्या नागमोडी नळीत जात. हें भांडें व ही नागमोडी नळी या दोहों समोवार पाणी असे, व नागमोडी नळी इतकी लांब असे की तिजमधून हवा व दुसरे वायु बाहेर जाण्यापूर्वी त्यांस मापकांतील पाण्याचें उष्णमान येई. जी उष्णता बाहेर पडे, ती पूर्वी प्रमाणेंच मापीत. याप्रमाणें ज्वलनापासून जी उष्णता दृश्य होते, तिचें कोष्टक करितां येईल. निरनिराळे पदार्थ सारख्या वजनाचे घेऊन किंवा त्यांच्या सममूल्याइतके घेऊन असलीं कोष्टकें तयार करितात. याच रीतीनें दुसऱ्या रसायन-संयोगापासूनही जी उष्णता दृश्य होते तीही त्यांनी काढिली.

त्यांच्या प्रयोगांपासून जें कळलें तें येणें प्रमाणें:—

(१) ह्या उष्णता दृश्य होतात, त्यांमध्ये काहीं साधा नियम दृष्टीस पडत नाही. म्हणजे त्यांत काहींच नियम दिसत नाही.

(२) जी उष्णता शोषिली जाते, तिला कृष्ण आणि जी बाहेर पडते, तिला धन असें कल्पिलें, तर कोणत्याही एकामागून एक अशा होणाऱ्या रसायनिक फेरफेरांच्या मालिकेंत, शोषलेली उष्णता व बाहेर पडलेली उष्णता या दोहोंची साधी बेरीज नेहमी सारखी असते. यावरून असें दिसतें कीं मध्यंतरींच्या फेरफारांशिवायच एकदम अखेरचा परिणाम होतो. मात्र दोनही वेळीं बाह्य काम सारखें असतें.

टीप—सममूल्यांशाच्या प्रमाणांत पदार्थांचीं वजनें घेऊन त्यांचे रसायनसंयोग झाले म्हणजे त्यांपासून ज्या उष्णता उत्पन्न होतात त्यांचें कोष्टक विद्युत्शास्त्रांत फार महत्वाचें असतें.

विशिष्ट उष्णतेचीं उदाहरणें—पाण्याच्या विशिष्टउष्णतामापकाचा उपयोग दाखविण्याकरितां २ उदाहरणें दजें. हे प्रयोग प्रत्यक्ष केले होते. हे जरी फार सूक्ष्म नाहींत तरी रीति समजण्यास बस आहेत.

(१) घनपदार्थांची विशिष्टउष्णता काढणें—प्रत्यक्ष विशिष्टउष्णता काढणें असेल तेव्हां एकच प्रयोग पांच किंवा सहा वेळ करितात. प्रत्येक वेळीं वि० उ० काढितात, आणि शेवटीं त्या सर्वांची सरासरी घेतात. या ठिकाणीं लोखंड घेतलें होतें.

कलम २०५ यांतील अक्षरें पहा.

प=१९२.९ ग्राम.

क्ष=९.९९ ग्राम.

A4

B4

$$प_१ = ७.८ \text{ ग्राम.}$$

$$प_२ \times क_२ = १.६४ \text{ ग्राम.}$$

$$व = १०७.९ \text{ ग्राम.}$$

$$उ = १५^{\circ}.५ \text{ श.}$$

$$उ_१ = २३^{\circ}.५ \text{ श.}$$

$$उ = १८^{\circ}.५ \text{ श.}$$

या किमती कलम २०५ यांत काढलेल्या सारणींत लिहून:—

$$(प_१ + प_२ क_२ + वक) (उ - उ_१) = (प + क्ष) (उ_१ - उ).$$

यांत किमती लिहून घेतल्यानै लोखंडाची वि. उ. क = ११३९ निघते.

पाण्याची गुप्त उष्णता काढणे.—ही रीति कलम २१४ मध्ये सांगितली आहे.

खालील प्रमाणे देण्याकरिता प्रथम स्थूल प्रयोग केला व त्यांत पुढें प्रत्यक्ष प्रयोगांत बर्फ व उष्णमापकांतील पाणी यांचीं जीं परिमाणें घेणार तितकींच घेतलीं होती. या स्थूल प्रयोगांत एकंदर  $१५^{\circ}$  उष्णमान उतरलें. झाणून हवेच्या भारांभींच्या उष्णमानाहून  $८^{\circ}$  जास्त इतकें उष्णमान होईपर्यंत उष्णतामापक व त्यांतील पाणी यांस उष्ण केलें. व येणें करून विसर्जनानें गेलेली व आलेली उष्णता सारखी केली. प्रयोगांत खालील प्रमाणें निघाली:—

$$प = १८० \text{ ग्राम.}$$

$$क्ष = ९.१ \text{ ग्राम.}$$

$$व = ३४.८ \text{ ग्राम.}$$

$$उ_१ = १९^{\circ}.६ \text{ श.}$$

$$उ_२ = ४.३ \text{ श.}$$

या किमती कलम २१४ यांतील खालील समीकरणांत लिहून:—

$$ग = \frac{(प + क्ष) (उ_१ - उ_२)}{व} - उ_२.$$

$$ग = ७८.८ \text{ ही पाण्याची गुप्त किंवा अनुद्धत उष्णता येते.}$$

माह १५३३ सट्टाकार १३३३

(२) विस्तीर्ण बर्फ टाकिरें, तर त्यावर मोठा शीतताजनक परिणाम उत्पन्न होतो याचें कारण सांग.

(३) ५०°श उष्णमानाच्या ३ औस पाण्यांत १००°श उष्णमानाचे १ औस विस्मथ टाकिले, तेव्हां पाण्याचे उष्णमान ५०°. ४९ पर्यंत वाढले. तर विस्मथ धातूची विशिष्टउष्णता काढ.

(४) पाण्याचें उष्णमान-१०°श पर्यंत उतरल्यावर तें एकाएकी थिजू लागलें तर त्याचा कितवा भाग थिजेल ?

(५) ३३ पाँड पाण्याचें-१२° च उष्णमान होईपर्यंत त्यास शीत केलें, तेव्हा तें थिजू लागलें; तर किती पाणी थिजेल ?

(६) प्रथमतः पाण्याहून पारा थंड लागतो. परंतु लवकरच गरम लागू लागतो. प्रकरण १० व ११ यांत सांगितलेल्या तत्त्वांवरून याचें कारण सांग.

(७) १०° श उष्णमानाच्या ३० पौंड पाण्यांत १००° श उष्णमानाची १ पौंड वाफ सोडली. तर पाण्याचें उष्णमान काय होईल? वाफेची अनुद्धत उष्णता ५३७ आहे.

(८) १०° श उष्णमानाच्या १० ग्राम पाण्यांत ९०° श उष्णमानाचें १५ ग्राम रूपें टाकिलें. तेव्हां पाण्याचें उष्णमान १६°.३ श झालें. तर रूप्याची विशिष्ट-उष्णता काढ.

(९) ०°श उष्णमानाचें १३५ ग्राम बर्फ १००°श उष्णमानाच्या किती पाण्यांत मिळविलें असतां सर्व पाण्याचें उष्णमान १०°श होईल ?

(१०) हाच परिणाम घडविण्यास पाण्याच्या ऐवजी १००% उष्णमानाची किती वाफ मिळवावी?

(११). एका भाज्यात ७०°इ उष्णमानाचें पाणी भरलें, तें तसेंच ठेविलें तेन्ना १० मिनिटांत त्याचें उष्णमान ६०°इ पर्यंत उतरलें. त्याच भाज्यांत ७०°इ उष्णमानाचा पारा भरला, व तसाच ठेविला, तेन्नां साऱ्या २७० सेकंदांत त्याचें उष्णमान ६०°इ पर्यंत उतरलें. पारा पाण्याच्या १३-६ पट जड असतो. तर पाण्याची विशिष्ट-उष्णता काद. [ या रीतीनें विशिष्टउष्णता कशी काढावी हें पुस्तकांत सांगितलें नाहीं; परंतु सहजां लक्षांत येणार आहे. ]

(१२) ०°चा उष्णमानाच्या बर्फाच्या तुकड्यांत एक खळगी करून त्यांत १००°चा उष्णमानाची २०० ग्राम वजनाची लोखंडी गोटी घातली. गोटीने बर्फ वितळण्याचे बंद झाल्यावर वितळून झालेल्या पाण्याचे वजन केले, ते २९.३ ग्राम भरले; तर लोखंडाची विशिष्टउष्णता काय असेल ?

( १४ )  $२०^{\circ}$  च उष्णमानाच कांही पाणी दिव्यावर ठावेल, त  $१०$  मिनिटांनी  $१००^{\circ}$  च उष्णमानावर येउन कढूं लागलें. या सर्व पाण्याची वाफ होण्यास आणखी  $६७$  मिनिटें लागलीं. दिव्यापासून सारखी उष्णता मिळत होती असें समजलों व विसर्जनानें गेलेली उष्णता हिशोबांत घेतली नाहीं, तर वाफेची विशिष्टउष्णता किती निघेल ?

( १५ ) ऊर्ध्वपातनां पाणी शुद्ध करण्याच्या यंत्रांतील नागमोडी नळीच्या सभोंवार  $०^{\circ}$  च उष्णमानाचें  $१२०$  पौंड पाणी आहे.  $१००^{\circ}$  च उष्णमानावर कढणाऱ्या पाण्याची वाफ तिजमध्ये सोडली तेव्हां पाण्याचें उष्णमान  $१००.४$  च झालें, व  $२$  पौंड वाफ थिजून तिचें  $१०.४^{\circ}$  च उष्णमानाचें पाणी झालें. तर यावरून वाफेची अनुद्धत उष्णता काढ.

( १६ )  $५०^{\circ}$  च उष्णमानाच्या  $१$  पौंड पाण्यांत  $१००^{\circ}$  उष्णमानाची  $१$  औंस वाफ सोडिली. तर मिश्रणाचें उष्णमान काय होईल ? वाफेची अनुद्धत उष्णता =  $५३६$ .

२२०. एका पदार्थांतून दुसऱ्या पदार्थांत उष्णता जाण्याची जी एक रीति आहे तिला किरणविसर्जन असे म्हणतात. हिजविषयी आम्ही पूर्वी दिग्दर्शन केले आहे. हिचा या प्रकरणांत विचार करू.

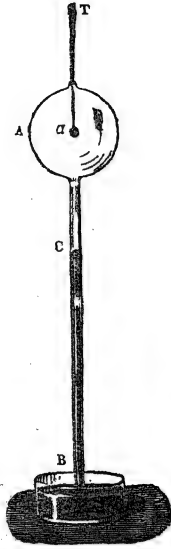
हा वेळ पर्यंत आपण पाहिले की उष्णता एका पदार्थांतून दुसऱ्या पदार्थांत केवळ स्पर्शाने मात्र जाते. कारण वायु किंवा द्रव उष्ण होत असता प्रापणव्यापाराने प्रवाह उत्पन्न होतात, त्यांमध्येही वायु किंवा द्रव यांचा जो भाग उष्ण पदार्थास स्पर्श करितो तो स्पर्शानेच उष्ण होतो, आणि नंतर तो तेथून जातो व दुसरे भाग त्या ठिकाणी येतात व हनामध्ये पदार्थाचा प्रत्येक भाग जवळच्या दुसऱ्या भागास स्पर्शाने उष्ण करितो.

परंतु उष्णता जाण्याची याहून अगदी वेगळी रीति आहे तिजविषयी आपणास आतां विचार कर्तव्य आहे. प्रथम त्याची काही उदाहरणे देऊ.

(१) हिवाळ्यांत जेव्हा आपण मोठ्या विस्तवासमोर उभे राहतो किंवा बसतो तेव्हा आपणास अगदी भाजून टाकण्याजोग्या उष्णतेचा ताप लागतो. तथापि आपण कितीही जवळ उभे असले तरी आपणास पक्के माहीत असते, की जी हवा विस्तवाकडे जाते ती अगदी थंड असते, व ती आपल्या पाठीस थंड लागते. विस्तवासमोर एक मोठा पडदा मध्ये धरिला तर तत्काळ आपल्या समोवतालची सर्व हवा आपणास थंड लागते. पडदा काढताच पुन्हा एकदम आपणास उष्णता भासू लागते.

(२) BC ही एक भारमापकाची नळी आहे. हिच्या शिरोभागां A हा एक फुगा फुगविलेला आहे. यामध्ये T हे उष्णमापक कांच वितळवून असे बसविलेले आहे की, त्याचा a फुगा या नळीच्या फुग्यांत मधोमध आहे. उष्णमापक काळ्या काचेचे आहे. सवे नळी पाण्याने भरून उलटी करावी, झणजे पारा उतरून A जागा रिती होईल. आतां जर A जवळ लाल भडक लोखंडी कांब धरिली तर उष्णमापकातील पारा तत्काळ चढतो.

(३) आपणास सूर्यापासून उष्णता मिळते. तथापि उंच प्रदेशां हवा फार शीत असते हे पर्वताच्या शिखरावर किंवा विमानांतून वर गेल्या वेळी अनुभवास येते. शिवाय सूर्य व पृथ्वी यांच्यामध्ये सर्वत्र हवा नाही.



आकृति १०६ बी.

किती जलद जातो हें आपणास प्रत्यक्ष प्रयोगावरून माहीत आहे.

या व दुसऱ्या गोष्टीवरून आपणास समजतें कीं, रित्या जाग्यांतून उष्णता तत्काळ किंवा निदान अत्यंत वेगानें चलन पावते, किंवा हवा अगर दुसरे वायु यांस उष्ण न करितां त्यांतून जाते. उष्णता प्रसरण होण्याची जी ही रीति तिला किरणविसर्जन असें झणतात.

जर एका पदार्थास सर्वत्र सारखें उष्ण केलें तर त्यापासून सर्व दिशांनीं सारखी उष्णता विसर्जित होते, आणि साधारणतः उष्णता सरळ रेषांनीं विसर्जित होते.

२२१. विसर्जनाचें स्वरूप—उष्णतेचें जें विसर्जन होतें त्याचा मधील अवकाशाशीं काहीं संबंध नसतो असें वरील गोष्टीवरून दिसलें. खरा प्रकार कसा आहे हें समजण्यास काहीं सजातीय उदाहरणें उपयोगी पडतील.

(१) कोणी ओरडलें, किंवा एखादें वाद्य वाजलें तर लांब अंतरावर काहीं वेळानें हे ध्वनि ऐकूं येतात, यावरून ध्वनीचें गमन किती त्वरित होतें हें समजतें. दोहां ठिकाणांमधील हवेच्या किंवा दुसऱ्या वायूच्या आंदोलनांनें किंवा कंपनांनें ध्वनि लांब अंतरावर जातो आणि ध्वनीच्या वहनास हवा किंवा दुसरा वायु याचीं जरूरीं लागनें असें सिद्ध करून दाखविण्यांत आलें आहे. ध्वनिविशिष्ट पदार्थांच्या सभोवतालचीं हवा तेथून दूर जात नाही, आणि ती हवा आपल्याबरोबर ध्वनीस दूर नेत नाही. परंतु ध्वनीस मात्र ती पुढें पाठविते; यास्तव या गोष्टीचें उष्णतेच्या विसर्जनाशीं साम्य आहे: परंतु वहनाशीं नाही. असाच ध्वनि धातूच्या घनकांहींतूनही जातो.

(२) जर दोन बोटी पाण्यावर असतील आणि त्यापैकीं एकीस हेलकावे दिले, तर काहीं वेळानें दुसरीही हेलकावे खाऊं लागेल. तथापि पहिल्या बोटीजवळचें हाललें पाणी आपलें पहिलें स्थान सोडून दुसऱ्या बोटीकडे जात नाही. कारण दोहों बोटींमध्ये जर एक बुचाचा तुकडा असेल तर तो पुढें जाणार नाही. येथें आपल्या नजरेस असें पडतें कीं, एक लहरीची पंक्ति बनते आणि ही लहररीरूपगति मात्र पुढें जाते; पाणी जात नाही. पाण्याचा प्रत्येक कण वर खालीं जाऊन एका उभ्या वर्तुळांत (किंवा दीर्घ वर्तुळांत) मात्र फिरतो. परंतु आपलें मूलस्थान एकंदरीत सोडीत नाही.

(३) बहुतेक याच रीतीनें लांब दोंरीवरूनही लहरीस आपणास पुढें पाठवितां येतें. मधील साधनांचें स्थलांतर न होनां एक प्रकारची गति मात्र पुढें जाते. या व या प्रकारच्या दुसऱ्या गोष्टींत जें चलन घडतें तें लहररीरूप गतीच्या स्वरूपाचें असतें.

२२२. प्रकाश व उष्णता यांविषयीं लहररीरूप कल्पना.—उष्णता व प्रकाश (या दोहोंस एका वर्गांत घातलें पाहिजे असें आपणास पुढें समजेल) अंतरावरून आपणाकडे येत असतां त्यांस आणणारें साधन किंवा लहरी जरूरी आपल्या नजरेस



पडन नाहीत, तथापि सादृश्यावरून उष्णता व प्रकाश लहरींच्या योगानेच पुढे जाताना अशी कल्पना करून ती कोठवर टिकते तें पाहूं. ही कल्पना अशी आहे:—

( १ ) ईथर ( ईंधक ) या नांवाचा एक गुरुत्वशून्य व फार चपल असा पातळ पदार्थ सर्वत्र पसरलेला आहे; ( कदाचित् हा पदार्थ अत्यंत विरल अशा वायूच्या स्वरूपाचा असावा ) व याच्या कंपनानें दोरीवरून जशा लहरी पुढें जातात त्या प्रमाणें उष्णता व प्रकाश एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणीं जातात.

( २ ) या पदार्थानें सर्व अवकाश व्यापिला आहे, आणि हा सर्व पदार्थांत शिरतो. हा इतका चपल आहे कीं, ज्या प्रकारचीं भांडीं आपणास करितां येतात तसल्या एखाद्या भांड्यांत यास धरून ठेवितां येत नाहीं, व त्यांतून अगदीं काढितांही येत नाहीं. या करितां मागील प्रयोगांत भारमापकाच्या नळीच्या फुग्यांतील निर्वातस्थळीं असलेल्या उष्णमापकास बहिरील उष्णता याच्या योगानें मिळाली. कारण रित्या जाग्यांत हा ईथर नांवाचा पदार्थ होता.

( ३ ) तथापि या पदार्थाचें चलन साधारण द्रव्याच्या कणांनीं थांबवितां किंवा बदलतां येतें, व त्यास द्रव्यानें चलनही देतां येतें. म्हणून मध्यें धातूचा पत्रा धरून उष्णता व प्रकाश यांस पुढें जाण्याचें बंद करितां येतें. प्रत्येक उष्ण पदार्थ उष्णता विसर्जित करितो, याचा अर्थ हाच कीं तो या ईथर नांवाच्या पदार्थास गाति देतो.

### किरणविसर्जनाचे प्रयोग करण्यास लागणारीं यंत्रें.

२२२. लेस्लीचें भेदोष्णमापक—किरणविसर्जनाचे प्रयोग करण्यास फार सूक्ष्म व नाजूक अशीं यंत्रें व साधनें लागतात. कारण हा वेळ पर्यंत जे आपण प्रयोग केलें त्यांहून हे प्रयोग फार सूक्ष्म असतात. सर्वांत साधें व ज्याचा उपयोग फार पूर्वीपासून करीत आले आहेत असें लेस्लीचें भेदोष्णमापक यंत्र होय. याचें वर्णन पूर्वीं केलें आहे. ( क. २१ पहा ) म्हणून येथें एवढेंच सांगणें बस आहे कीं, ज्यापेक्षां दोहों फुग्यांच्या उष्णमानामधील अंतर दर्शविण्यासच मात्र याचा उपयोग करितां येतो, त्यापेक्षां एक फुगा चकचकीत धातूच्या पत्र्यानें किंवा दुसऱ्या पडद्यानें उष्णताजनक पदार्थापासून असा आड ठेविला पाहिजे कीं तेणेंकरून तो नियमित व सारख्या उष्णमानावर राहील. दुसरा फुगा काजळ्यानें काळा केला पाहिजे. कारण येणें करून तो विसर्जित उष्णतेस त्वरित शोषण करितो.

२२३. मेलोनीची उष्णताजन्य विद्युन्माला—सर्वांत सूक्ष्म अशा ज्या यंत्रांचा साधारणपणें हल्ली उपयोग करतात व जें यंत्र दिंडाल व दुसरे विद्वान यांच्या हानून मोठ्या पूर्णतेस आलेलें आहे, तें मेलोनीची उष्णताजन्य विद्युन्माला हें होय. याचे दोन भाग असतात. त्यापैकी एक भाग ( माला ) विसर्जित उष्णतेस शोषण करितो, आणि त्यापासून विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होतो. दुसरा भाग ( विद्युन्मापक ) विद्युत्प्रवाहाचा जोर जुंभक कांठ्याच्या चलनानें मापितो, म्हणून माला ज्या विसर्जित उष्णतेस शोषण करितो तिची तीव्रता दाखविण्यास याचा उपयोग करितां येतो. या दोहोंचें वर्णन नपशीलवार खाली दिलें आहे. प्रथमतः दुसरें यंत्र घेऊं.

कांढ्यावरून दक्षिणकडून उत्तरकडे अथवा त्याच्या खालून उत्तरकडून दक्षिणकडे विद्युत्प्रवाह गेला, तर कांढ्याचा उत्तरध्रुव पश्चिमेकडे वळतो. वस्तुतः तो प्रवाहाशी काटकोन करूनच स्थिर राहावा. परंतु जसा उत्तरध्रुव पश्चिमेकडे जातो त्याप्रमाणे त्यावरील प्रवाहाचे कार्य कमी होत जाते, आणि त्याच्या पूर्वीच्या स्थितीत परत आणणारे पृथ्वीचे कार्य अधिकाधिक बलवत्तर होते. यामुळे प्रवाहाशी काटकोनाकार कांढा स्थिर राहत नाही. जर वरच्या उलट कांढ्याच्या खालून व वरून प्रवाह गेला तर कांढा दुसऱ्या दिशेस झगजे पूर्वेस वळतो. आणखी असेही त्याने काढिले आहे की, कांढ्याचे जास्त कमी वळणे प्रवाहाच्या जोरावर अवलंबून असते. झगून कांढ्याच्या वळण्यावरून म्हणजे स्थलांतरावरून प्रवाहाचा जोर किती आहे हे मापित जाते. यास्तव कांढ्याची वळण्याची दिशा आणि त्याचे वळणे यावरून प्रवाहाची दिशा व त्याचा जोर समजतो.

**प्रयोग**—सधे विद्युन्मापक उदाहरणार्थ स्पर्शरेषा विद्युन्मापक\* घेऊन वरील गोष्टीची सत्यता सहज पाहता येते. प्रथम एक चक्र घ्यावे. नंतर अनेक चक्रे घ्यावी. ज्यांत प्रतिबंध कमी आहे असे स्पर्शरेषा विद्युन्मापक घेतल्यास अनेक चक्रे † परिमाण वाढविण्याजोगी जोडावी; झगजे सर्व तांब्याचे पत्रे व जस्ताचे पत्रे असे एकत्र जोडावे.

विद्युत्प्रवाह ब्यावरून समजतो त्या यंत्राविषयी इतके सांगितले. परंतु उष्णतेच्या प्रयोगांसाठी ब्या यंत्राचा (स्थिर कांढ्याचे ‡ विद्युन्मापक) उपयोग करितात व जे पुढे आकृतीत दाखविले आहे ते वर सांगितल्या यंत्रापेक्षा फार विकट असते. ते असे केलेले असते की कांढ्यास वळविण्याचे प्रवाहाचे कार्य जास्त व्हावे आणि त्यास मूळ स्थितीत परत आणण्याचे पृथ्वीचे कार्य कमी व्हावे.

**प्रयोग**—एक सधे तांबे व जस्त या धातूंचे विद्युच्चक्र घ्यावे आणि त्याच्या प्रवाहाचे परिणाम स्पर्शरेषा विद्युन्मापकावर आणि स्थिर कांढ्याच्या विद्युन्मापकावर कसे होतात हे पाहिले म्हणजे दुसऱ्याची मातवरी किती आहे हे सहज लक्षात येईल.

(२) **उष्णताजन्य विद्युन्माला**—आता यंत्राच्या दुसऱ्या भागाचे वर्णन करू. या यंत्राचा उपयोग फार सूक्ष्म व नाजूक अशा उष्णमापकाप्रमाणे होतो. यात प्रसरणाच्या योगाने उष्णतेचे मान समजत नाही. परंतु उष्णतेने विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होतो, व त्याचा जोर विद्युन्मापकाने समजतो; आणि यावरून उष्णतेचे मान समजते. ब्याचा प्रयोगास फारसा उपयोग करीत नाहीत असले सधे यंत्र कसे असते ते प्रथम सांगू.

\* सृष्टिशास्त्रा उत्तरार्ध भाग १ पृष्ठ ३१२.

† सदर पृष्ठ २६७.

‡ सदर पृष्ठ ३१०.

पहिल्या आकृतीत A B आणि C D ह्या भिन्न भिन्न धातूंच्या दोन कांवी आहेत.

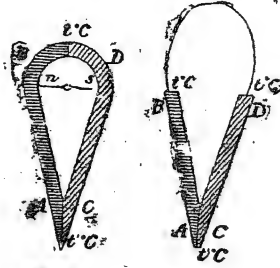


Fig. 1.

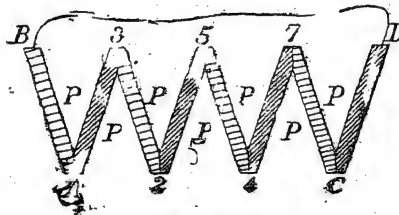
Fig. 2.

आकृति १०९ वी.

तशी विद्युत्प्रवाहाची दिशा ही भिन्न भिन्न असते.

B व D शेवटें डांक घालून न जोडतां त्यांस एका तारेच्या तुकड्यानें दुसऱ्या आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें जोडिलें, तरी परिणाम तेच होतात. या वेळीं B D या शेवटांचीं उष्णमानें समान ठेवावीं लागतात. कारण तीं दोन्ही मिळून एका सांध्याच्या जागीं असतात.

आतां जर असलीं अनेक चक्रे \* ( यांसच चक्रे असें म्हणतात ) एका जवळ एक



आकृति ११० वी.

परिणाम अनुभवास येतात. (आ. ११० पहा.)

जर P P या पोकळ्यांत कोणते तरी अवाहक पदार्थाचे तुकडे घालून धातूंचा परस्पर संयोग न होऊ देतां जर ही सांगड चपटी केली, तर वरील सांगड (आ. १११ पहा.) बाजूच्या आकृतीत दाखविल्या स्वरूपाची थोडक्या जाग्यांत मावण्याजोगी होईल.

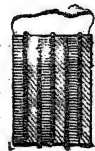


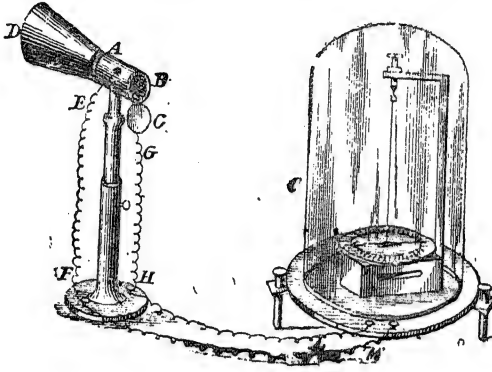
Fig. 111.

असे पुष्कळ जोड घेतले आणि मधील P P.....या जाग्यांत अवाहक थर घालून एकावर एक असे रचिले तर त्यांचा एक भरीव चौकोन बनेल. त्याचे १, २, ५, ७, इत्यादि सांधे चौकोनाच्या एका आकृति १११. बाजूस व २, ४, ६, ८ हे सांधे दुसऱ्या बाजूस आयतेच राहतील.

\* सृष्टिशास्त्र उच्चारार्थ प्रकरण ११ व १२ यांत विद्युच्चक्र व विद्युन्माला यांचें वर्णन पहा.

अशी रचना करून एक सांगड बैठकीवर पितळेच्या नळीत बसवितात. नळीत बैठकीवर हवी तशी किरणयोजी ती बसविलेली असते. परस्पर उलट दिशास म्हणजे समोरा समोर असणाऱ्या सांध्यावर बाहेरील उष्णतेचें कार्य होऊ नये म्हणून त्यावर बसण्या जोगी पितळेची झांकणें नळीस बसविलेली असतात; किंवा नळीच्या दोहों तोंडावर गळतीच्या आकाराचीं रुंद अशीं शंकाकृति नळकाडीं बसविलेली असतात. यांच्या योगानें उष्णता परावर्तन पावून सांध्यावर जास्त जाते. विस्मय आणि अंतिमनी या दोन धातूंच्या कांबी घेतात. सांगडीच्या एका शेवटाकडे विस्मयची कांब येते व दुसऱ्या शेवटाकडे अंतिमनीची कांब येते. यांस तारा जोडलेल्या असतात. त्या पाहिजे तेव्हां विद्युन्मापकास जोडितां येतात.

दोनही भागासुद्धां सर्व यंत्र खाली दाखविलें आहे. (आ. ११२ पहा) वर सांगितल्या-



आकृति ११२ बी.

प्रमाणें A B नळीत उष्णताजन्य विद्युच्चक्रांचा चौक बसविलेला आहे. एकीकडील सांधे आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें B ठिकाणीं उघडे आहेत. नळीस C झांकण बिजा-गरीनें बसवितां येतें. त्यानें B सांधे हवे तेव्हां झांकतां येतात. दुसरे सांधे A ठिकाणीं उघडे आहेत. या ठिकाणीं शंकाकृति ड हा परावर्तक आहे. ज्या वेळीं मंद विसर्जनाचा उष्णता A सांध्यावर घेणें असते त्या वेळीं हा परावर्तक A सांध्यावर बसवितात.

एका कडेच्या विस्मयच्या तुकड्यास व दुसऱ्या कडेच्या अंतिमनीच्या तुकड्यास मंद-विलेल्या तारा जोडून व नळीच्या दोहों बाजूंतून बाहेर काढून तेथून यंत्राच्या बैठकीतील वरील F व H या स्क्रू बसविलेल्या आहेत. नळीस वर खाली व हव्या त्या दिशेस फिरवितां यावें अशी योजना करून नळी बैठकीवर बसविलेली असते. यासुळे उष्ण-ताजन्यविद्युन्मालेस हवी ती गति देतां येते.

G हें विद्युन्मापक आहे. याजवर कांचेचें गोल आच्छादन आहे, व मापकाच्या बैठकीस तीन स्क्रू आहेत. त्यांच्या योगानें मापक पानसळीत आणितां येतें.

बैठकीवर एक काटकोन/कार वळविलेला दांडा बसवून त्याच्या टोंकास विनपि-  
ळाच्या कड्या रेशमाच्या धाग्याने किंवा काचेच्या धाग्याने मापकाचा काटा ( किंवा  
दोन काटे, कारण हें मापक स्थिर काट्यांच्या जोडीचें असतें ) टांगिलेला आहे. एक  
भगर्दी हलका दर्शक ( हलकी काडी ) चुंबक काट्यास गच्च बसविलेला असतो; व तो  
काट्यावर बसविलेल्या वर्तुळाच्या परिघावर पाडलेल्या अंशांवर फिरतो, व त्यावरून  
कांटा किती अंश वळला हें समजतें. या अंश पाडलेल्या जाड कागदाच्या तुकड्या-  
खाली तारांची वेटाळी आहेत. त्यांतून प्रवाह गेला झणजे काट्याच्या सभोंवतीही  
प्रवाह जातो.

मापकाच्या वेटाळ्याच्या तारेचीं टोंके बैठकीतील L M या स्कूस जोडलेली आहेत,  
व यांस आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें दुसऱ्या दोन तारांनीं F H हे स्कू जोडलेले आहेत.

२२५. उष्णताजन्यविद्युन्मालेचा उपयोग करण्याची रीति.—प्रथमतः या  
मालेच्या दोन्ही बाजू काजळ लावून काळ्या कराव्या. कारण येणें करून त्या बाजू  
उष्णतेस जास्त शोषण करितात. काळ्या केल्यानें उष्णतेचें कसें जास्त शोषण होतें  
हें पुढें सांगितलें आहे. यंत्राचा उपयोग करण्याची साधारण रीति अशी आहे कीं  
झ्याचें उष्णमान कायम आहे अशा समोर B बाजू ठेवितात. उदाहरणार्थ ती बाजू  
हवेंत उघडी ठेवावी, आणि झ्याच्या विसर्जित उष्णतेचें मान पाहणें असेल त्या समोर  
A बाजू ठेवितात. मात्र एक प्रयोग झाल्यावर दुसरा प्रयोग करण्यापूर्वी माला मूळच्या  
उष्णमानावर येण्याकरितां काहीं वेळ जाऊ दिला पाहिजे. नंतर या रीतीनें A भागां  
निरनिराळ्या पदार्थांपासून आलेली विसर्जित उष्णता किती किती शोषण केली हें  
प्रत्येक वेळीं विद्युन्मापकाचा कांटा किती वळला हें पाहून काढितां येतें.

निरनिराळ्या पदार्थांपासून विसर्जित झालेल्या उष्णतांची सूक्ष्म मानां तलना  
करितां येण्यास B बाजूहून A बाजूचें उष्णमान किती वाढविलें, म्हणजे कांटा किती  
अंशांतून वळतो हा संबंध प्रथमतः माहीत करून घेतला पाहिजे. कारण आतां  
आझी इतकेंच पाहिलें कीं A बाजू उष्ण केल्यानें प्रवाहाचा जोर काहीं वाढतो. प्रत्यक्ष  
प्रयोग करून हा संबंध काढिला पाहिजे. या शिवाय दुसरा मार्ग नाही. याचें  
वर्णन टिंडाल कृत उष्णतेच्या पुस्तकांत चांगलें केलेलें आहे. झ्यांस झणून विस-  
र्जित उष्णतेचा विषय चांगला समजून घेण्याची इच्छा असेल त्यांनीं टिंडालचें  
पुस्तक अवश्य वाचावें.

### उष्णतेच्या विसर्जनाचे साधारण नियम.

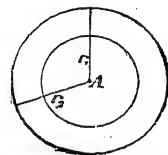
२२६. विसर्जनाच्या प्रयोगांस झ्या साधनांचा म्हणजे यंत्राचा उपयोग करितात त्यांचें  
वर्णन केलें. विसर्जनाविषयी जे मुख्य नियम आहेत ते आतां क्रमानें सांगूं. पुढें आणखी  
याविषयी जास्त विवेचन करूं.

२२७. साधारणतः उष्णता सरळ रेषांनीं विसर्जित होते.—पुढें असें आपणास  
समजेल कीं जेव्हां जेव्हां सर्वत्र समान अशा घटनेच्या पदार्थांतून विसर्जन चालतें तेव्हां  
तेव्हां हा नियम लागू पडतो. परंतु निरनिराळ्या दादऱ्यांच्या दोन पदार्थांमधील मर्यादा-

प्रयोग—उष्णताजन्यविक्षुब्धमाला आणि उष्णतेनें लाल भडक केलेली लोखंडी गोठी यांस ओळीनें एका रेषेत मांडूं. या दोहोंमध्ये भोंकें असलेले तीन चार पत्रे ठेवूं. यांचीं भोंकें जर माला व गोल यांस सांधणाऱ्या सरळ रेषेत असतील तर मालेवर उष्णतेचे किरण पडतील, आणि त्यांचा परिणाम दृष्टीस पडेल. परंतु जर एखादा पत्रा हालविला तर मालेवर किरण येणार नाहीत व काट्यासरणार नाही.

टीप—सर्व पत्र्यांचीं भोंकें एका सरळ रेषेत आहेत किंवा नाहीत, याची परीक्षा करण्याच्या दोन रीति आहेत. (१) एक बारीक दोरा सर्व भोंकांतून घालून ताणून धरिला तर त्याचा कोणत्याहि पत्र्यास स्पर्श झाला नाही म्हणजे भोंकें एका रेषेत आहेत असे समजावें. परंतु दोरीच्या वजनानुळे कोठें तरी किंचित् वांकल्याशिवाय ताणून राहण्यास मुश्किल पडते. (२) दुसरी रीति भोंकांतून पाहणें होय. आतां या दुसऱ्या रीतीत आपण असें गृहीत घेतों कीं जे पदार्थ आपणास एका रेषेत दिसतात, ते एका रेषेतच वास्तविक असतात; ह्मणजे प्रकाशकिरण सरळ रेषांनींच जातात; हें अन्य रीतींनीं सिद्ध केलेलें आहे. जेव्हां सर्व भोंकें एका सरळ रेषेत दिसतात, तेव्हां त्यांतून उष्णतेचे किरण जातात. यावरून असेही दिसतें कीं, या टिकाणीं उष्णता व प्रकाश यांचें वर्तन सारखें असतें. उष्णता आणि प्रकाश यांच्या संबंधाविषयी पुढें विचार करतेवेळीं याविषयी अधिक स्पष्टीकरण करूं.

२२८. भिन्न भिन्न अंतरावर उष्णतेच्या एकाच उत्पत्तिस्थानापासून किती उष्णता जाते—उष्णतेचे किरण सरळ रेषांनींच जातात, यास्तव उत्पत्तिस्थानापासून निरनिराळ्या अंतरावर किती उष्णता जाईल हें आपणास काढितां येईल. समजा कीं  $\Delta$  ही लाल भडक लोखंडी गोठी आहे. गोठीच्या भोंवते दोन पोकळ  $r_1$  आणि  $r_2$  इंच या त्रिज्यांचे गोल आहेत. यांच्या मध्यबिंदूंत गोठी आहे. (आ. ११३ पहा) असें समजूं कीं  $\Delta$  आकृति ११३ बी. गोठीपासून दर सेकंदांत  $h$  परिमाणाची उष्णता विसर्जित होते. तर दर सेकंदास  $r_1$  त्रिज्येच्या गोलाच्या अंतर्भागावर इतकी उष्णता पडते. आतां या गोलाच्या आंतील पृष्ठभागाचें क्षेत्रफळ  $4\pi r_1^2 \times \frac{33}{10}$  चौरस इंच असेल.  $\frac{33}{10}$  हा अपूर्णांक  $b$  या अक्षरानें दर्शवूं. म्हणजे  $r_1$  त्रिज्येच्या गोलाच्या पृष्ठभागाचें क्षेत्रफळ  $4\pi b r_1^2$  असेल. जर या गोलाच्या प्रत्येक चौरस इंचावर दर सेकंदांत पडणारी उष्णता  $u_1$  भरिली तर—



$$u_1 = \frac{h}{4\pi b r_1^2}$$

आतां ज्या गोलाची त्रिज्या  $r_2$  इंच आहे त्या विषयी विचार करूं. हा पृष्ठभागही सर्व ह उष्णता शोषण करील. याचा एकंदर पृष्ठभाग  $\pi$  च  $r_2^2$  चौरस इंच आहे. म्हणून या गोलाचा प्रत्येक चौरस इंच जी उष्णता शोषण करील ती  $u_2$  यानें दर्शविली, तर—

$$u_2 = \frac{H}{\pi \text{ च } r_2^2}$$

यानें पहिल्या समीकरणास भागून.

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

चौरस इंचाच्या बदला दुसरें कोणतेंही क्षेत्र घेतलें तरी हरकत नाही. उदाहरणार्थ उष्णमापकाच्या फुग्यानें व्यापिलेला पृष्ठभाग घेतला तरी असाच परिणाम घडेल. यावरून असें दिसतें कीं निरनिराळ्या अंतरावर उष्णमापक ठेविल्यास तें जी उष्णता शोषण करील ती अंतराच्या वर्गाच्या उलट प्रमाणांत असेल; ह्याणून:—

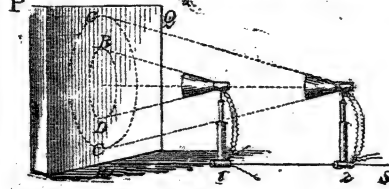
$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

हें समीकरण असेंही लिहितां येईल.

$$u_1 : u_2 :: \frac{1}{r_1^2} : \frac{1}{r_2^2}$$

हाच सिद्धांत प्रत्यक्ष प्रयोगानें ही सिद्ध करितां येतो. हा प्रयोग करण्याची भेलोनीनें साधी रीति काढिली आहे.

२२९. प्रयोगानें या नियमाची सिद्धता—काटकोन चौकोनाकृति चपटी P Q



ही पेटी आहे. व हिचा पृष्ठभाग मोठा आहे. हिजमध्यें पाणी भरून तें पाणी पेटीच्या मागे दिवा ठेवून कढतें ठेविलें आहे. तिचा पुढचा पृष्ठभाग काजळानें काळा केलेला आहे. आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें पेटी लंबाकार उभी (आ. ११४ पहा.)

आकृति ११४ की.

ठेवलेली आहे. तिच्या पायाच्या R मध्यापासून पायाशी काटकोन करणारी R S रेषा काढलेली असून तिचे इंचांमध्ये किंवा सहस्रांश मात्रांमध्ये भाग पाडलेले आहेत. उष्णताजन्यविद्युन्माला आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें तिच्या शंक्वाकृति परावर्तकासुद्धा निरनिराळ्या अंतरावर ठेवावी. तिच्या परावर्तकाच्या बाजू वाढविल्या असतां जें वर्तुळ पेटीच्या पृष्ठभागावर पडेल त्याचा कोणताही भाग पेटीच्या पृष्ठभागाबाहेर न पडेल इतकी माला जवळ ठेवावी. परावर्तकाची आंतील बाजू ही काळी करावी. या रीतीनें माला निरनिराळ्या अंतरावर ठेविली असतां सर्व अंतरावर विद्युन्मापकाचा कांठा सारखा वळतो असें आढळेल. ह्याणजे मालेच्या पृष्ठभागावर जी उष्णता पडते ती नेहमी सारखी असते.

B D आणि C C' अहित. तर १ ठिकाणी माला असतां तिजवर जी उष्णता पडते, ती B D पृष्ठभागापासून पडत आहे. आणि २ ठिकाणी माला असतां तिजवर C C' वर्तुळांतील पृष्ठभागापासून उष्णता पडत आहे. चपट्या पेटीच्या B मध्यापासून १ व २ खुणांपर्यंत जी अंतरें आहेत त्यांस अनुक्रमे २<sub>१</sub> आणि २<sub>२</sub> अशीं नावे देऊं. तर भूमिती वरून.

$$\frac{B D \text{ वर्तुळाचें क्षेत्रफळ}}{C C' \text{ वर्तुळाचें क्षेत्रफळ}} = \frac{२_१^२}{२_२^२}$$

आतां दोहों ठिकाणी माला असतां तिला सारखी उष्णता मिळाली आहे. यास्तव थोरल्या वर्तुळपेक्षां ज्या प्रमाणानें धाकट्या वर्तुळाचें क्षेत्रफळ कमी आहे त्याच प्रमाणानें २<sub>१</sub> ठिकाणी माला असतां तिला धाकट्या वर्तुळाच्या प्रत्येक चौरस इंचापासून जी उष्णता मिळाली ती २<sub>२</sub> अंतरावर माला असतां थोरल्या वर्तुळाच्या प्रत्येक चौरस इंचापासून जी उष्णता मिळाली तिजपेक्षां कमी असली पाहिजे. कारण जास्त पृष्ठभागापासून जाहलेलें विसर्जन कमी पृष्ठभागाच्या विसर्जनाइतकेंच होण्यास प्रत्येक इंचापासून विसर्जित झालेली उष्णता कमीच असली पाहिजे. तर मात्र दोहोंपासून सारखी उष्णता विसर्जित होईल. म्हणून—

$$\frac{२_१ \text{ अंतरावर असतां प्रत्येक चौरस इंचापासून विसर्जित जाहलेली उष्णता}}{२_२ \text{ अंतरावर असतां प्रत्येक चौरस इंचापासून विसर्जित जाहलेली उष्णता}} = \frac{२_१^२}{२_२^२}$$

यास्तव कलम २२८ यांत सांगितलेला नियम सिद्ध झाला.

२२०. उष्णतेच्या परावर्तनाचा नियम.—F ही एक विस्तवाची शेंगजी आहे. तिच्या बाजूस व जेथें विसर्जित उष्णता सरळ रेषेंत येत नाही अशा A ठिकाणी आपण उभे आहों, तर आतां जर एखादा मनुष्य एका-एकी चकचकीत कथलाचा परावर्तक S आकृतीत दाखविल्या ठिकाणी धरील तर लागलीच A ठिकाणी आपणास उष्णता जोरानें भासूं लागेल. पत्रा उष्ण होण्यास पुष्कळ वेळ लागेल. परंतु तो उष्ण होण्यापूर्वीच आपणास उष्णतेचा ताप लागेल. यावरून हें उघड आहे कीं विस्तवापासून उष्णता पत्र्यावर पडते, व तेथून परावर्तन पावून आपणाकडे येते. आकृति ११९ वी.

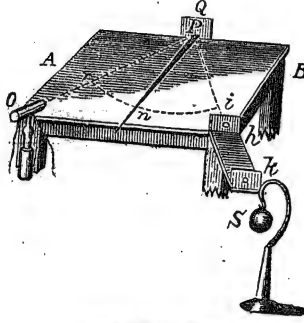


टीप—आकृतीत आम्ही वरून खाली पाहात आहों असें कल्पिलें आहे. वर जें दाखविलें त्यासच उष्णतेचें परावर्तन म्हणतात. S पत्रा उष्ण होऊन त्यापासून A कडे जें उष्णताविसर्जन होईल त्यापासून हें परावर्तन अगदीं भिन्न आहे. कारण S पत्रा विस्तवापुढें धरितांच तो उष्ण होण्यापूर्वी वरील प्रकार घडतो.



चक्रचकीत पत्र्यात विस्तवाचें प्रतिबिंब दिसूं लागताच आपणास अत्यंत उष्णतेचा भास होतो. म्हणजे अशा या स्थूल प्रयोगावरून सुद्धा उष्णता व प्रकाश एकदम परावर्तन पावतात हें आपणास समजतें. परंतु उष्णतेच्या व प्रकाशाच्या परावर्तनाचे नियम एकच आहेत किंवा नाहीत याची प्रचीति अधिक चांगल्या रीतीनें घेणें अवश्य आहे. प्रकाशाच्या परावर्तनाचे नियम पूर्वीच समजले आहेत. कारण प्रकाशाचें परावर्तन कोणत्या दिशेनें होतें हें मापणें फारसें कठीण नाही. हें मापण्यास आपणास आपल्या दृष्टीचा उपयोग करिता येतो. परंतु अदृश्य उष्णतेस मापणें व तिच्या परावर्तनाविषयी नियम काढणें कठीण आहे. कारण उष्णताजन्यमाला डोळ्यां इतकें सूक्ष्म यंत्र नसून केवळ स्थूल यंत्र आहे.

२३१. प्रयोग—वर सांगितल्या टिंडालच्या बुकांतूनच पुढील प्रयोग घेतला आहे.



A B हें चौकोनी सपाट टेबल आहे. (आ. ११६ पहा). याच्या एका बाजूच्या मध्यावर P Q हा रूपाचा किंवा दुसऱ्या भागाचा चक्रचकीत पत्रा एका फिरकीत फिरण्याजोगा आणि सरळ उभा लंबोत्तर राहण्या जोगा बसविलेला आहे. P N हा लांब कांटा पत्र्याशी काढकोन करण्याजोगा त्यावर बसविला आहे. जेव्हा P Q पत्रा टेबलाच्या कडेशी समांतर असतो तेव्हा या कांट्याचें N टोक टेबलाच्या समोरच्या कडेच्या मध्यबिंदूवर असतें. P Q पत्रा उजवीकडे किंवा डावीकडे फिरतो तसा कांटाही टेबलाच्या पृष्ठ-

आकृति ११६ बी.

भागावर फिरतो.

टेबलाच्या एका कोपऱ्यावर O ही उष्णताजन्य विद्युन्माला आहे. हिचें तोंड पत्र्याच्या P मध्य बिंदूच्या समोर आहे. दुसऱ्या कोपऱ्यावर भोंकें असलेलें व बैठकीवर बसविलेले पडदे असे ठेविले आहेत, व त्यांचीं भोंकें अशीं आहेत कीं त्या दोहों भोंकांतून जाणारी रेषा पत्र्याच्या P मध्यांतून जाते. दोहों भोंकांतून जाणाऱ्या रेषेच्या खाली एक आणि मालेचा मध्यबिंदु व पत्र्याचा मध्यबिंदु यांस जोडणाऱ्या रेषेच्या खाली दुसरी अशा टेबलाच्या पृष्ठभागावर टिंबांच्या रेषा काढिल्या आहेत. या रेषा टेबलाच्या दोहों कोपऱ्यांतून जातात, आणि समोरच्या कोपऱ्याच्या मध्यावर झणजे परावर्तक पत्र्याच्या P मध्याखाली एकत्र मिळतील. या दोन रेषा जेथें मिळतात, तो मध्यबिंदु कल्पून टेबलावर एक वगुळ काढिलें आहे, व त्याचे अंशांत विभाग केले आहेत. S हा लाल भडक गोळा आहे, व त्यापासून उष्णतेचे किरण विसर्जनानें जात आहेत. यापैकी उष्णतेचा एक किरण पडद्याच्या दोहों भोंकांतून थेट परावर्तकाच्या P बिंदूवर पडत आहे. या किरणाचें कोणत्या नियमानें परावर्तन होत आहे हें आपणास काढणें आहे.

प्रथम जर N P कांटास वर उचललें, व त्याबरोबर पत्रा उचलला तर कोण-

त्या स्थितीत मालेवर उष्णतेचे किरण पडत नाहीत. परंतु कांटा जर टेबलावर समांतर असा आडवा राहिला तर मालेवर उष्णता परावर्तित होते. ज्या मानाने किरण पड्यावर वक्र पडेल त्या मानाने जास्त किंवा कमी उष्णता परावर्तित होईल. याप्रमाणे अनेक स्थितीत जपून प्रयोग केला, म्हणजे पुढील नियम सिद्ध होईल.

(१) पतनकिरण, किरणपरावर्तकाच्या ज्या बिंदूवर पडतो त्यांतून काढलेला परावर्तकावरील लंब आणि परावृत्तकिरण एका पातळीत असतात.

याचा अर्थ असा की जर आपण पतनकिरण आणि परावर्तकावरील लंब या दोहोंतून जाणारी पातळी काढली तर तिजमध्ये कोठेतरी परावृत्त किरण असेल. जर परावर्तक पड्यास थोडे वर उचलले किंवा त्यास मागे कलले धरिले तर परावृत्त किरण मालेच्या वरून कोठून तरी जाईल आणि मालेवर पडणार नाही.

परावर्तक पड्यास उभ्या आसावर फिरवीत असता कांटा कोणत्या स्थितीत असला म्हणजे अतिशय उष्णता मालेवर परावृत्त होते ते पाहू. जेव्हा विद्युन्मापकाचा कांटा जास्त वळेल तेव्हा जास्त उष्णता मालेवर परावृत्त झाली असे समजेल. J आणि I या बिंदूंच्या बरोबर मध्यभागी जेव्हा कांटा असेल तेव्हाच अतिशय उष्णता परावृत्त होते असे आढळेल. अशा स्थितीत पतनकिरण I P दिशेने जातो, आणि परावृत्त किरण P R दिशेने जातो. म्हणून:—

(२) पतन आणि परावृत्त किरण परावर्तकावरील लंबाशी सारखे कोन करितात.

उष्णतेच्या परावर्तनाचे हे दोन नियम होत. हे ध्यानांत ठेवण्यास फार कठीण नाहीत; कारण स्थूल मानाने जी गोष्ट खरी असे आपण गृहीत घेत असतो तिजसारखेच आहेत. विलियर्डच्या खेळांत गोटीवर स्क्रू बसविलेला नसला, तर टेबलाच्या गादीपासून किंवा दुसऱ्या गोटीपासून असाच मार्ग वळतो किंवा परावृत्त होतो. ध्वनीही याच नियमाने परावर्तन पावतो. यांत विशेष गोष्ट ही आहे की, प्रकाशाचे परावर्तन अगदी थेट याच नियमाने घडते, आणि प्रकाश व उष्णता या दोहोंच्या कार्यांत साम्य असते या झणण्यास अधिक दृढीकरण येते. प्रकाशाच्या संबंधाने ही गोष्ट आपणास याच यंत्राने सहज दाखविता येते. जेथे S ही लाल गोटी आहे तेथे मेणवती धरिली झणजे मालेवर प्रकाश थेट उष्णतेप्रमाणेच पडतो.

२३२. उष्णतेच्या परावर्तनाचे नियम स्पष्ट करण्याची पराबलाच्या आकाराच्या आरशांची जोडी—हे नियम याहुन सोप्या रीतीने परंतु मनावर जास्त ठसण्या जोगे स्पष्ट करून दाखविता येतात. खाली पहिल्या आकृतीत पराबलाच्या आकाराचा अंतर गोल आरसा दाखविला आहे. ह्या आकाराने आरशाच्या आर्शा पुढील धर्म येतात. आरशाचा जो मध्यबिंदु O त्यापासून आरशाशी काटकोन करणारी एक रेषा काढा. (जर आपण आरशाचे अत्यंत लहान क्षेत्र घेतले, तर O बिंदु स्थळी आरसा सपाट आहे, असे मानता येईल.) ह्या रेषेस आरशाचा आस असे झणतात. या आसाच्या भोवती आरसा सरूप आहे. झणजे आसामधून जाणारी कोणतीही पातळी आरशास छेदील तर आरशाचे सजातीय आकाराचे वक्र भाग पडतील.

आंसाशी समांतर आणि आरशास P बिंदु स्थळी मिळणारी अशी  $i$  P रेषा काढ.

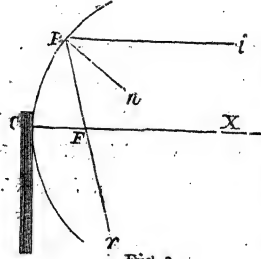


Fig. 2.

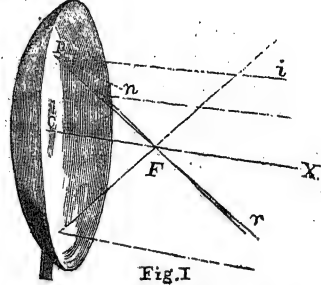


Fig. 1.

आकृति ११८ वी.

आकृति ११७ वी.

P बिंदु स्थळीचा आरशाचा अति लहान भाग सपाट आहे, असे समजून त्या स्थळी त्या सपाट भागाशी काटकोन करणारी अशी P बिंदूपासून P  $n$  लंबरेषा काढ. या लंबरेषेस आरशाचा P बिंदुस्थळीचा नार्मल असे म्हणतात. आता ज्या पातळीत  $i$  P आणि P  $n$  या रेषा आहेत, त्याच पातळीत  $i$  p  $n$  एवढाच  $n$  p  $r$  कोन करणारी P  $r$  रेषा काढ. नंतर आरशाच्या विशेष आकारामुळे त्याच्या आंगी जो धर्म आहे त्यावरून P  $r$  रेषा काढिली आहे, त्या सारख्या दुसऱ्या अनेक रेषा काढल्यास त्या सर्व C X आंसास एकाच F बिंदूत छेदतील. ह्या बिंदूस आरशाचा फोकस किंवा केंद्र असे म्हणतात. दुसऱ्या आकृतीत आरशाचे छिन्न घेऊन आकृति दाखविली आहे.

आता मागील कलमात सांगितलेल्या प्रयोगाने उष्णतेच्या परावर्तनाचे जे दोन नियम सिद्ध केले, ते जर सर्व व्यापक असतील, तर वर सांगितल्या धर्मावरून अशा आरशावर C X आंसाशी समांतर असे जे उष्णतेचे किरण पडतील, ते परावर्तन पावून सर्व F केंद्रातून जातील. आणि येणे करून केंद्रात उष्णतेचे एकीकरण होईल; आणि जर उष्णतेचे किरण केंद्रात ठेविलेल्या उष्ण पदार्थापासून निघतील, तर ते आरशावर पडून तेथून परावर्तन पावून C X आंसाशी समांतर अशा दिशांनी जातील.

२३३. अशा दोन आरशांचा कलम २३२ यांत जो पुढे प्रयोग सांगितला आहे, तो हे परिणाम प्रत्यक्ष घडतात, किंवा नाही हे पाहण्याकरिता आहे. जर असे परिणाम घडतील, तर वर परावर्तनाचे जे नियम सांगितले, त्यांचे पुष्टीकरण होईल.

वर वर्णन केल्या प्रकारचे दोन आरसे कलम २३२ यांतील आकृतीत दाखविले आहेत. ते समोरसमोर असे ठेविले आहेत की, C C' ही एकच सरळरेषा प्रत्येकाचा आंस दर्शविते. वर जे आरशाचे धर्म सांगितले त्यावरून असे निष्पन्न होते की, जर उष्णतेच्या परावर्तनाचे वर दिलेले नियम खरे असतील तर एका आरशाच्या F केंद्रापासून निघालेले किरण त्याच्या आंसाशी समांतर असे परावर्तन पावल्यावर

दुसऱ्या आरशावर त्याच्या आंसाशी समांतर असे पडतील; आणि तेथून परावर्तन पावल्यावर दुसऱ्या आरशाच्या  $F'$  केंद्रातून जातील. आणि तसेच  $F'$  केंद्रातून निघालेले किरण  $F$  केंद्रातून जातील. परावर्तनाचे वरील नियम उष्णतेच्या किरणांस लागू आहेत असे समजून जेव्हा कोणत्याही एकाच्या केंद्रातून निघालेले किरण दोन वेळ परावर्तन पावून दुसऱ्याच्या केंद्रातून जातील असा संबंध ज्यांच्या केंद्रात परस्पर आहे, अशा रीतीने ठेविलेले जे दोन आरसे त्यांस कांजुगेट किंवा सरूप असे म्हणतात.

२३४. सरूप आरशांची परीक्षा—प्रकाशास हे नियम लागू आहेत असे ज्या अर्थी आपणास माहीत आहे, त्या अर्थी दोन्ही आरसे समोरा समोर सरूप स्थितीत आणण्यास त्या गोष्टीचा उपयोग करिता येतो.

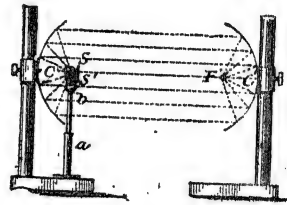
(१) प्रत्येक आरशापुढे कागद धरून कोणत्या ठिकाणी त्यावर प्रकाशाचा अत्यंत चकचकीत बिंदु किंवा अंतरावरच्या दिव्याची प्रतिमा कागदावर पडते ते पाहून प्रत्येकाचा केंद्र आपणास काढिता येतो. अंतरावरचा दिवा आरशाच्या आसांत राहील आणि म्हणून आरशावर उष्णतेचे किरण आंसाशी समांतर अशा दिशेने पडतील, असा आरसा ठेवून केंद्रबिंदु काढावा, आणि बैठकीतील अब दांडा खालवर सारून त्याचे टोक बरोबर केंद्रात आणावे. (२) नंतर या बैठकीच्या टोंकावर मेणबत्तीचा तुकडा असा बसवावा की, तिची ज्योत केंद्रात येईल; झणजे तिचे किरण आरशावर पडून आंसाशी समांतर अशा दिशेने परावर्तन पावतील. नंतर दुसरा आरसा या समोर असा ठेवावा की, पहिल्या केंद्रात असलेल्या मेणबत्तीची स्पष्ट प्रतिमा समोरच्या आरशाच्या केंद्रात धरलेल्या कागदाच्या तुकड्यावर पडेल. या रीतीने दोनही आरसे सरूप स्थितीत आणून पुढील प्रयोग करावा.

२३५. प्रयोग—आरशास सरूप स्थितीत ठेवून व त्यांचे केंद्र काढून खाली लिहिल्याप्रमाणे प्रयोग करण्यास आरंभ करावा.  $a$   $b$  बैठकीवर उष्ण केलेली लोखंडाची थोरली गोटी अशी ठेवावी की, तिचा मध्य बहुतेक केंद्रात येईल.

टीप—ज्यास बरोबर  $F$  केंद्रात ठेवितां येईल असा एक बिंदूच उष्णताजन्य पदार्थ वास्तविकपणे असला पाहिजे. परंतु आपणास नियमित आकाराच्या गोटीचा उपयोग करावा लागतो म्हणून गोटीचा मध्य आणि आरशा जवळील गोटीच्या पृष्ठभागाचा बिंदु यांच्या साधारणपणे मधोमध खरा केंद्र येईल अशा रीतीने गोटी ठेवणे हे उत्तम होय.

$S S'$  हा एक धातूचा चकचकीत पत्रा गोटीच्या दुसऱ्या बाजूस किरण दुसऱ्या आरशावर पडू नये म्हणून बसविलेला आहे.

आतां एक भेदोष्णमापक घेऊन (क. २१ पहा) त्याचा एक  $A$  फुगा कागदाने किंवा दुसऱ्या अवाहक पदार्थाने आच्छादावा व दुसरा  $B$  फुगा काजळाने काश करून तो दुसऱ्या आरशापुढे धरून कोणत्या ठिकाणी अतिशय



आकृति ११९ बी.

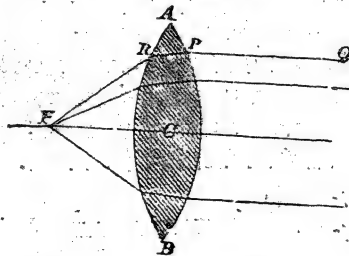
उष्णता असते, हें काढावें. म्हणजे असें आढळेल कीं, मेणवत्तीच्या सहाय्यानें काढलेला जो  $F'$  केंद्र त्याच ठिकाणीं अत्यंत उष्णता असते. त्याची प्रचीति पाहण्याकरितां अत्यंत उष्णतेच्या ठिकाणीं  $B$  फुगा ठेवून दुसऱ्या आरशापुढील उष्ण गोटी काढून त्या ठिकाणीं ज्योत  $F$  केंद्रांत येईल अशी एक मेणवत्ती ठेवावी. म्हणजे ज्योतीची प्रतिमा  $B$  फुग्यावर पडत आहे असें स्पष्ट दिसेल.

**२३६. या प्रयोगापासून निघालेले अनुमान.**—कलम २३१ यांत सांगितलेल्या दोन नियमांप्रमाणेंच उष्णतेचे किरण परावर्तन पावतात, असें आपण वर दाखविलें. प्रकाश याच नियमांनीं परावर्तन पावतो, याविषयी जें आपणास पूर्वी ज्ञान झालें होतें, त्याचा उपयोग हा प्रयोग करण्यास झाला. यास्तव कलम २३१ यांतील प्रयोगापासून साक्षात् निघालेले जे दोन नियम ते या प्रयोगानें पूर्णपणें स्थापित झाले.

**प्रयोग**—हाच प्रयोग दुसऱ्या रीतीनेंही आपणास करितां येतो. या करितां एका आरशाच्या  $F$  केंद्रांत मेणवत्ती किंवा दुसऱ्या ब्वालाप्राही वायूची ज्योत ठेवावी, आणि दुसऱ्या आरशाजवळ अत्यंत उष्ण स्थळ काढण्याकरितां उष्णताजन्य मालेंचें काळें केलेलें तोंड धरावें; म्हणजे आपणास असें आढळेल कीं, ज्या ठिकाणीं मालेच्या तोंडावर ज्योतीची स्पष्ट प्रतिमा पडते, त्याच ठिकाणीं अत्यंत उष्णतेचा भास होतो. म्हणजे जेव्हां  $F$  केंद्रांत मालेंचें तोंड असतें, तेव्हां माला अत्यंत उष्णता दर्शविते.

या प्रयोगाच्या मुख्य उद्देशाविषयी सांगतांना २३२—२३६ या कलमांत पुष्कळ पुनरोक्ति झाली आहे; ही पुनरोक्ति जरूर होती. कारण २३१ कलमांत दिलेले नियम त्या प्रयोगानें स्थापित होतात ही गोष्ट सहजी लक्षांत येण्याजोगी नव्हती. मुख्य गोष्ट झाकून जाण्याजोगा इतका दुसरा तपशील आलेला आहे कीं, ही सहजी लक्षांत येणार नाही.

**२३७. उष्णतेचें वक्रीभवन**—आम्हीं वर सांगितलें कीं, सर्वत्र ज्याचें दाढ्यें सारखें



आकृति १२० वी.

कृतीत  $A$   $B$  साध्या कंचिच्या लेन्साचें छिन्न दाखविलें आहे. म्हणजे तें वाजकडून जसें दिसेल, तसें दाखविलें आहे. (आकृति १२० पहा.)

$O$  हा त्याचा मध्यबिंदू आहे, आणि लेन्साच्या दोहों पृष्ठभागांशीं काटकोन करणारी व  $O$  बिंदूतून जाणारी अशी  $F$   $C$  रेषा आहे. या रेषेस लेन्साचा आस असें म्हणतात.

आहे, व जो सर्व एकाच जातीचा आहे, अंशा पदार्थांतून उदाहरणार्थ सर्वत्र समान दाबाखालीं व समान उष्णमानावर असलेल्या हवेंतून उष्णतेचे किरण सरळरेषांनीं जातात. परंतु उष्णतेचे किरण एका पदार्थांतून येऊन दुसऱ्या पदार्थावर वक्र पडले तर त्याच रेषेंतून सरळ पुढें त्यांतून न जातां उजवीकडे किंवा डावीकडे वळतात. बाजूच्या आ-

असें समजूं कीं, Q P किरण या आंसाशीं समांतर असा येऊन लेन्सावर पडतो. हा किरण हवेंतून येतो, आणि जास्त दाढ्यांच्या कांचेच्या पृष्ठभागावर वांकड पडतो, तेथें म्हणजे पृष्ठभागी P ठिकाणी त्यांची दिशा बदलून P R दिशेन कांचेंतून बाहेर पडतो. कांचेंतून जातांनाही हवेंतल्याप्रमाणेंच त्याची गति सरळ रेषेत असते. कांचेंतून बाहेर पडतांच पुनः कमी दाढ्यांची जी हवा त्या हवेच्या पृष्ठभागावर पुनः वांकडा पडतो म्हणून त्याचें पुनः तेथें वक्रीभवन होऊन R F दिशेन जाऊन आंसास F ठिकाणी छेदितें. लेन्सें अज्ञा आकाराचीं केलेलीं असतात कीं, Q P सारखे जे सर्व किरण आंसाशीं समांतर असें लेन्सावर पडतील, ते कांचेंतून जातांना असे वक्रीभवन पावतात कीं, ते सर्व एकाच F बिंदूतून अखेर जातात.

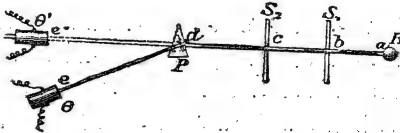
उष्णतेचे किरण आपला सरळ रेषेतील मार्ग सोडून वक्र पावतात, याचें हें विशेष उदाहरण अज्ञा करितां सांगितलें आहे कीं, त्याची प्रतीति सहज प्रयोगद्वारा पाहता येते.

प्रयोग १—सूर्य आपणापासून फार अंतरावर असल्यामुळे त्याजपासून येणारे किरण साधारणतः परस्पर समांतर असतात असें मानल्यास हरकत नाहीं. सूर्याकडे एक बाजू करून असें एक लेन्स धरिलें तर आपणास असें आदळतें कीं एका विशेष स्थळां उष्णतेचें इतकें एकीकरण होतें कीं, त्या ठिकाणीं कागद काळा होऊन पेटतो.

या प्रयोगांत आणखी एक मोष्ट नजरेस येईल कीं, त्याच ठिकाणीं प्रकाशाचेंही एकीकरण होतें.

उष्णताजन्यमाला आणि दुसरे उष्णताजन्य पदार्थ घेऊन उष्णतेचें वक्रीभवन दाखविण्यास याहून सूक्ष्म प्रयोग करितां येतात. तसला एक प्रयोग आम्ही येथें देतो. (जर मिळतील तर सैध्दाचीं लेन्से व प्रिझ्मे (त्रिकोणी भिंगे) यांचा उपयोग करावा.)

प्रयोग २—कलम २३१ यातील प्रयोगांतल्या प्रमाणें B ही लाल भडक गोटी आहे. तिच्यापुढें S<sub>1</sub> S<sub>2</sub> हे दोन मध्यें फुडें आहेत, व त्यांस गोटीसमोर c, b छिद्रे आहेत व त्यांतून ज्यास आपण उष्णतेचा किरण म्हणतो, तसला किरण पलीकडे जातो.



आकृति १२१ की.

हा किरण छोट्या उष्णमालेच्या तोंडावर पडावा अशी आपली इच्छा असेल तर साधारणतः B b c d e या सरळ रेषेत e ठिकाणी दाखविल्याप्रमाणें मालेस ठेविलें पाहिजे.

परंतु किरणाच्या मार्गांत d ठिकाणी पाचराच्या आकाराचा P हा कांचेचा त्रिकोणी तुकडा (ज्यास प्रिझम असें म्हणतात.) आपण आतां ठेवूं. बरील प्रयोगांत दाखविलेल्या लेन्साच्या वरच्या अर्धासारखा हा तुकडा आहे. घाणून किरण त्याचप्रमाणें सरळ मार्गास सोडून त्यांतून वक्र मार्गानें बाहेर पडेल. आतां e ठिकाणी ठेवलेली माला काहीं उष्णता दर्शवीत नाहीं. यावरून या गोष्टीची प्रचीति

येते. आणि तीच माला ० ठिकाणा सारख्या एका ठिकाणा ठेविल्यास तिजपासून उष्णतेचें ज्ञान होतें.

२३८. वक्रीभवनाचे नियम—प्रकाशशास्त्राचें अध्ययन करितांना वक्रीभवनाच्या नियमांचें ज्ञान चांगलें उत्तम करून घेतां येतें. त्या नियमांचा या पुस्तकांत आद्वी बारिक रीतीनें विचार करीत नाही. उष्णताशास्त्रांत फार महत्वाच्या अशा काहीं गोष्टी समजण्या पुरतामात्र वक्रीभवनाचा विचार केला आहे.

२३९. किरणविसर्जनानें शीत होणें व उष्ण होणें ह्यांजें उष्णता जाणें व घेणें.—आद्वी मार्गे सांगितलें कीं, जोपर्यंत पदार्थ भिन्नभिन्न उष्णमानाचे असतात, तोपर्यंत ते परस्पर सन्निध म्हणजे एकमेकांस लागलेले असे असतां एकांतून दुसऱ्यांत उष्णता जाण्याचा व्यापार चालतो. वस्तुतः याच व्यापारावरून दोहों उष्णमानांमधील अंतर याची व्याख्या आद्वी दिली आहे. सान्निध्यानें व वहनानें एकांतून दुसऱ्यांत उष्णता जाण्याची ही गोष्ट झाली.

आतां जर उष्णमापकासारखा एकादा पदार्थ एका खोलींत ठेविला, (खोली वायूनें भरलेली असे किंवा रिती असे) तर असें नजरेस येतें कीं, खोलीच्या भिंती, जमीन, छत, आणि उष्णमापक हीं सर्व एकाच उष्णमानावर येतात.

ही गोष्ट अधिक स्पष्ट करण्याकरितां असें समजा कीं, जिच्या भिंती, छत, आणि जमीन, यां सर्वांचें उष्णमान सारखें उंश. आहे अशी एक खोली आहे. आतां याच खोलींत उंश. उष्णमानाचा एकादा पदार्थ किंवा उष्णमापक ठेविले, (उंश पेक्षा उंश जास्त किंवा कमी असे) तर तें उष्णमापक किंवा तो पदार्थ याचें उष्णमान खोलीच्या भिंतीच्या इतकें म्हणजे उंश होईपर्यंत उतरेल किंवा चढेल. हें वाढणें किंवा उतरणें बहुतेक किरणविसर्जनामुळे घडतें. खरोखर खोली जर अगदीं रिती असली, तर तें सर्वस्वी किरणविसर्जनामुळेच असेल.

२४०. हवेचें उष्णमान—अखेरीस पदार्थास जें हें उष्णमान येतें, त्यास सभोवतालच्या पदार्थाशीं तुल्यता आपणारें उष्णमान असें म्हणतात. परंतु साधारणतः सर्व अवकाश हवेनें व्यापिलेला असतो, म्हणून या उष्णमानास हवेचें उष्णमान असेंही ह्याण्याची चाल आहे. जर सान्निध्यानें आणि प्रापणानें उत्पन्न झालेल्या प्रवाहांनीं भिंतीच्या इतकें उष्णमान हवेस येण्या पुरता बराच काळ जाऊ दिलो असेल, तर हें ह्याणें बरोबर होईल. परंतु उष्णमापक उंश उष्णमानावर येतें तें मुख्यत्वे किरणविसर्जनानेंच घडतें, ही गोष्ट लक्षांत ठेविली पाहिजे. नाही तर कित्येक वेळां हवेत ठेविलेला अमका पदार्थ हवेच्या उष्णमानावर आहे असें म्हणणें मोठें चुकीचें होईल. उदाहरणार्थ जर एक उष्णमापक उन्हांत किंवा विस्तवाजवळ धरिले, तर त्या वरील हवेच्या उष्णमानाहून अगदीं भिन्न असें उष्णमान उष्णमापकावरून नजरेस येतें.

तथापि ह्या अर्थी आपण आपले प्रयोग ह्या खोल्याचें उष्णमान सारखें असतें, म्हणजे जेथील हवेचें उष्णमान भिंतीच्या उष्णमानाइतकेंच बहुतेक असतें अशा खो-



त्यांतच करितों, त्या अर्थी खोलीत ठेविलेल्या उष्णमापकाचें जें उंश उष्णमान होतें त्यासच हवेचें उं उष्णमान असें आपण म्हणत जाऊं.

२४१. शीतोष्ण होण्याचा न्यूटनचा नियम.—हवेच्या उंश. उष्णमानापेक्षां एखाद्या पदार्थाचें उंश उष्णमान जसें जास्त किंवा कमी असेल, त्या मानानें पदार्थातील उष्णता अधिक जलदीन किंवा अधिक सावकाश जाईल, म्हणजे पदार्थ शीत होईल किंवा उष्ण होईल. हें शीत होणें किंवा उष्ण होणें एका साध्या नियमास अनुसरून घडतें असें न्यूटन यानें शोधून काढिलें आहे. तो नियम खालीं दिला आहे. आलीकडे असें समजण्यांत आलें आहे कीं, हा नियम सर्वांशीं खरा नाहीं. परंतु जेव्हां उं आणि उं या उष्णमानांमधील अंतर फार नसतें तेव्हां हा नियम बराच लागू पडतो. जर उं आणि उं या उष्णमानांमधील अंतर दर्शविण्यास एक अक्षर घेतलें, ( म्हणजे अ=उ-उ ) तर तो नियम असा लिहिता येतो.

दोहों पदार्थांमधील एकाचें उष्णमान चढणें किंवा उतरणें याचें मान त्या दोहोंच्या उष्णमानांमधील अंतराच्या प्रमाणांत असतें.

एक उदाहरण घेतलें म्हणजे हा नियम लक्षांत येईल. असें समजा कीं, हवेचें उष्णमान १९° श. आहे; आणि एका उष्णमापकास ४०° श. पर्यंत उष्ण करून त्यास हवेंत शीत होण्यास ठेविलें. ४०° श. पासून ३८° श. पर्यंत उष्णमान उतरण्यास किती काळ लागतो तो पहावा. समजा कीं, २ सेकंद लागले. आतां त्याचें सरासरी उष्णमान ३९° श. आहे. म्हणजे या वेळीं हवेपेक्षां अ<sub>१</sub>=२०° इतकें उष्णमान जास्त आहे.

नंतर जर ३०° श. पासून २८° श. पर्यंत उष्णमान उतरण्यास किती काळ लागतो हें आपण पाहिलें तर ४ सेकंद लागतात असें अनुभवास येतें. या वेळीं सरासरी उष्णमान २९° श. आहे. म्हणून हवेचें उष्णमान व हें उष्णमान यांमधील अंतर अ<sub>२</sub>=१० झालें.

याचा अर्थ असा कीं, उष्णमानांमधील अंतर १०° असतां उष्णमान उतरण्याचें जें मान होतें त्याच्या दुप्पट २०° अंतर असतां उष्णमान उतरण्याचें मान होतें.

प्रयोग—हा प्रयोग सहज करिता येतो. ड्याचा फुगा फार मोठा व चक्रचक्रीत आहे, असें एक उष्णमापक घ्यावें, आणि त्याचें उष्णमान हवेच्या उष्णमानापेक्षां १०° हून जास्त चढवूं नये. येणेंकरून उष्णमापक सावकाश शीत होईल आणि २° उष्णमान उतरण्यास जो काळ लागेल तो बरोबर मापण्याजोगा मोठा असेल. उष्णमापक ९° पासून ७° पर्यंत उतरण्यास किती काळ लागतो तो पहावा. या वेळीं हवा व उष्णमापक यांच्या उष्णमानांमधील सरासरी अंतर ८° असतें. नंतर ५° पासून ३° पर्यंत उतरण्यास किती काळ लागतो तो पहावा. या वेळीं उष्णमानांमधील सरासरी अंतर ४° असतें. दोन्ही वेळीं किती काळ लागतो याची तुलना केली, तर आपणांस असें आढळेल कीं, दुसऱ्या वेळीं पहिल्याच्या दुप्पट काळ लागतो.

नंतर ११° अंतरापासून ९° अंतर होण्यास झणजे जेव्हां सरासरी अंतर १०°



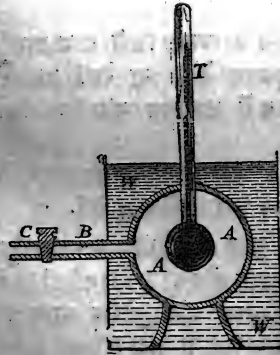
असतें, तेव्हां किती काळ लागतो तो पाहावा. नंतर  $6^{\circ}$  अंशा पासून  $8^{\circ}$  अंतर होण्यास म्हणजे जेव्हां सरासरी अंतर  $5^{\circ}$  असतें तेव्हां किती काळ लागतो तो पाहावा. याप्रमाणें या नियमाची प्रचीति घ्यावी.

याचप्रमाणें हवेच्या उष्णमानापेक्षा पदार्थाचें उष्णमान कमी असतां (मात्र फार कमी असून ये) त्याचें उष्णमान वाढण्यास किती काळ लागतो, हें पाहिलें असतांही वरील नियमाची सत्यता अनुभवास येईल.

टीप—हवेंत किंवा द्रव्या वायूत जेव्हां एकादा पदार्थ शीत होतो, तेव्हां तो मुख्यत्वेन किरणविसर्जनानेंच होतो. परंतु हवा किंवा वायु यांच्या साक्षात् सान्निध्यानेंही कांहीं शीत होण्याची क्रिया चालते. कारण त्या हवेंत किंवा वायूत तत्काळ प्रापणप्रवाह सुरू होतात. म्हणून केवळ किरणविसर्जनानेंच पदार्थ शीत होतो असें समजून जे परिणाम काढिले असतील त्यांत या शीत होण्यापासून कांहीं फेरफार होतील.

२४२. ड्यूलॉग आणि पेट्रिट यांचे न्यूटनच्या नियमाविषयी विचार—आपण सांगितलें की उष्णमानांमधील अंतर जेव्हां मोठें नसतें तेव्हां मात्र न्यूटनचा नियम बराच खरा असतो. ड्यूलॉग व पेट्रिट यांनी याविषयी सूक्ष्म प्रयोग केले, त्यांचे येथे साद्य वर्णन करणें बरोबर होणार नाही. बालफोर्ट स्टुअर्ट यानें आपल्या उष्णता आस्वावरील पुस्तकांत साद्य वर्णन केले आहे. तेथें ब्यास पाहिजे त्यांनीं पाहावें.

तथापि त्यांनीं काढलेल्या अनुमानांपैकीं कोहीं अनुमानें येथें थोडक्यांत देतां व त्यांच्या रीतीचें साधारण दिग्दर्शन करितां.



T हें फार मोठ्या फुग्याचें उष्णमापक आहे. याचा फुगा काजळानें काळा केलेला आहे. (आ. १२२ पहा). A A हें तांब्याचें गोल पात्र आहे, व त्याची आंतोल बाजूही काळी केलेली आहे, व त्यांत उष्णतामापकाचा फुगा मधोमध बसविलेला आहे. अगदीं निर्वात केलें असता त्यावरील हवेच्या दाबानें चपटें होऊं नये इतकें हें पात्र घट्ट असतें. तथापि ब्या W W पाण्यांत आहे, त्याचें उष्णमान भांड्यांच्या सर्वत्र जाडीत सारखें पसरवें इतकें हें पातळ आहे.

या पाण्याचें आणि झणून A A भांड्याचें उंच. उष्णमान  $0^{\circ}$  श पासून  $100^{\circ}$  श पर्यंत

आकृति १२२ वी.

हवें तें ठेवतां येईल; आणि हें उ<sup>०</sup> उष्णमानच T उष्णमापकाचें अखेरचें उष्णमान होईल. हें उष्णमान पाण्यांत ठेविलेल्या उष्णमापकावरून समजेल.

शीत होणाऱ्या T या पदार्थाचें उ<sup>०</sup> श. उष्णमान आणि दोहों उष्णमानांमधील अंतर (उ-उ) हें हवें तेव्हां T या उष्णमापकावरून समजेल. कारण T या उष्णमापकावरील अंश साध्या उष्णमापका एवढेच मांडलेले आहेत. झणून T या

शीत होणाऱ्या पदार्थांचें उष्णमान नेहमी सहजां कळतें. खाली दिलेले प्रयोग त्यांनीं या यंत्रानें केलें होते.

(१) समोवतालच्या A A पात्राचें  $0^{\circ}$  श. हें कायमचें उष्णमान ठेवून उष्णमानांमधील अंतर निरनिराळें असतां शीत होण्याचें मान कसें असतें हें त्यांनीं पाहिलें. उदाहरणार्थ A A चें उष्णमान  $10^{\circ}$  श. ठेवून T चें उष्णमान  $12^{\circ}$  श,  $18^{\circ}$  श,  $16^{\circ}$  श.  $14^{\circ}$  श; इत्यादि ( म्हणजे जेथें अंतर = २, ४, ६, ८, १० ) असतां शीत होण्याचें मान कसें असतें तें त्यांनीं पाहिलें.

(२) नेतर A A पात्राचें  $0^{\circ}$  श हें दुसरें उष्णमान ठेवून वरच्या इतकीच अंतरें असतां शीत होण्याचें मान कसें असतें तें पाहिलें. उदाहरणार्थ—A A चें उष्णमान  $12^{\circ}$  श ठेवून T चीं उष्णमानें  $18^{\circ}$  श.  $16^{\circ}$  श.  $14^{\circ}$  श  $20^{\circ}$  श इत्यादि ( म्हणजे अंतर = २, ४, ६, ८, ) असतां शीत होण्याचें मान कसें असतें तें पाहिलें.

(३) नेतर A A जाग्यांत निरनिराळ्या दाबाचे भिन्नभिन्न वायु भरून कसे परिणाम घडतात हें पाहिलें. हे फार महत्वाचे नव्हते.

२४३. या प्रयोगांपासून निघालेलीं अनुमानें—उष्णमानांमधील अंतर भिन्न भिन्न असतां शीत होण्याचें मान कोणत्या रीतीनें बदलत जातें, आणि उष्णमानांमधील अंतर समान असतां दोन उष्णमानें कोणतींही असलीं तर शीत होण्याच्या मर्यादा कांहीं फेरफार पडतो कीं काय? आणि जर पडत असला तर कोणत्या नियमानें पडतो हें पाहण्याचा उद्देश करील प्रयोगांचा हे होता.

(अ) दोहोंपैकीं मोठें उष्णमान  $0^{\circ}$  श हें सारखेंच असतां शीत होण्याचें मान अंतराशीं बरोबर प्रमाणांत न राहतां त्याहून अधिक वेगानें वाढतें. उदाहरणार्थ अंतर  $2^{\circ}$  असतां शीत होण्याचें जें मान असतें, त्याच्या दुपटीहून अधिक अंतर  $4^{\circ}$  असतां शीत होण्याचें मान असतें.

(ब) उष्णमानांमधील अंतर समान असतां नीच उष्णमानापेक्षां उच्च उष्णमानावर शीत होण्याचें मान जास्त असतें. उदाहरणार्थ एकाद्या खोलीचें उष्णमान  $20^{\circ}$  श. आणि शीत होण्या करितां ठेविलेल्या उष्णमापकाचें उष्णमान  $22^{\circ}$  श. असतां शीत होण्याचें जें मान असतें त्यापेक्षां खोलीचें  $30^{\circ}$  श आणि उष्णमापकाचें  $32^{\circ}$  श. उष्णमान असतां जास्त असतें.

२४४. उष्णतेच्या विनिमयाविषयीं आणि उष्णमानाच्या समतोलत्वाविषयीं कल्पना—हें आपणास माहीत आहे कीं, जर एकादा पदार्थ त्याच्या समोवतालच्या पदार्थापेक्षां जास्त किंवा कमी उष्णमानावर असेल, तर तो आणि हे एकाच उष्णमानावर येईपर्यंत त्याचें उष्णमान कमी होतें किंवा जास्त होतें. आतां पदार्थांनुन उष्णता जाते म्हणजे त्याच्या कणांची कोणत्या तरी रीतीनें गति कमी होते. उष्णतेच्या लहरीरूप कल्पनेप्रमाणें तो पदार्थ ईश्वरमध्ये एकामागून एक अशा लहरी उत्पन्न करितो, आणि हें काम करण्यांत त्याची गति कमी होते. याचप्रमाणें पदार्थ उष्ण होतो. याचा अर्थ त्याच्या समोवतालचे पदार्थ त्यास कोणत्या तरी रीतीनें गति देतात. किंवा

लहरीरूप कल्पनेप्रमाणें भिती वगैरे इथरमध्ये लहरी उत्पन्न करितात, त्या लहरी पुढें जाऊन त्या पदार्थावर आदळतात. आणि तेथेंकरून त्याचे कण अधिक जोरानें आंदोलन पावतात. आतां असें समजा कीं, भिती वगैरे पदार्थाच्या इतकें पदार्थाचें उष्णमान झालें, म्हणजे त्यांत उष्णता येत नाही व त्यांतून जातही नाही. तेव्हां तो पदार्थ इथरमध्ये लहरी मुळींच उत्पन्न करीत नाही, आणि म्हणून दुसऱ्यास उष्णता देत नाही. किंवा भिती वगैरे त्याकडे लहरी पाठवीत नाहीत, आणि म्हणून उष्णता देत नाहीत, असें समजावयाचें कीं काय? अशी कल्पना करितां येत नाही. परंतु याविषयी आपण असें अनुमान काढलें पाहजे कीं, क्षणोक्षणी पदार्थांतून जेवढी उष्णता जाते तेवढी उष्णता पदार्थांत येते, यामुळे पदार्थाचें उष्णमान तसेंच राहें. या वरून असें दिसतें कीं, उष्णतेच्या समतोलनाची स्थिति साधारणतः समजतात त्याप्रमाणें स्थायिक नसून ती गमनशील असते. तसेंच जेव्हां पदार्थ अधिकाधिक उष्ण होत असतो, तेव्हां जेवढी उष्णता तो बाहेर टाकितो त्याहून जास्त त्यांत येत असते. आणि पदार्थ शीत होतांना जेवढी त्यांत उष्णता येते, त्याहून तो जास्त बाहेर टाकित असतो.

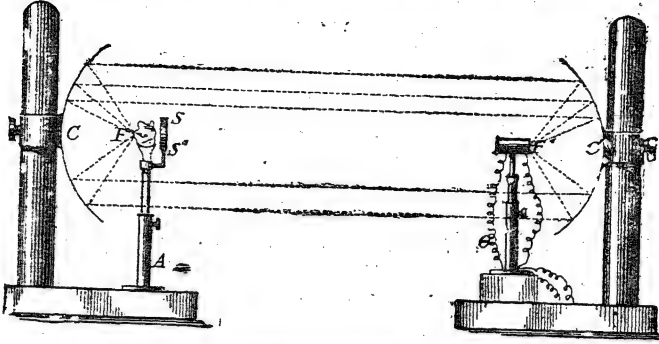
वाष्पभवन, वायूचें द्रवीकरण आणि वाफेनें परिशुत होण्याची स्थिती यांविषयी कलम १५८ यांत पदार्थाच्या घटनेच्या गतिविशिष्ट कल्पनेप्रमाणें स्पष्टीकरण करितांना जो विचार केला, त्याशीं व याशीं किती साम्य आहे, हें वाचकांच्या एकदम लक्षांत येईल. कोणत्याही प्रकारची पदार्थांस स्थायिक स्थिति असू शकत नाही असें मत दिवसें दिवस दृढ होत चाललें आहे.

करील विवेचनांत उष्णमानाचा विनिमय आणि उष्णमानाचें समतोलन यांविषयी ग्रेव्होस्ट याची जी कल्पना आहे, तिची मुख्य तत्वे दिली आहेत. आणखी एक उदाहरण देतों त्यावरून वर सांगितलेल्या तत्वांचें बरेंच पुष्टीकरण होईल.

असें समजा कीं एका खोलीचें उष्णमान ३०° आहे; तींत ठेविलेल्या उष्णमापकाचेंही उष्णमान ३०° झालें आहे. या खोलींत ०° झ. उष्णमानावर असलेला बर्फाचा तुकडा ठेविला. ३०° उष्णमान ०° हून जास्त आहे असें समजू. आतां बर्फ वितळू लागतें, आणि म्हणून तें भित व उष्णमापक या समोवतालच्या पदार्थांतून उष्णता शोषण करीत असलें पाहजे. परंतु भित आणि उष्णमापक बर्फाच्या तुकड्याकडे मात्र उष्णता पाठवीत आहेत, असेंच आपणास म्हणतां येणार नाही. ह्यापून आपण असें अनुमान करितों कीं, व्यापेक्षां तें बर्फास उष्णता खरोखर देत आहे, त्यापेक्षां उष्णतेचें चलन परस्परांकडे होत आहे.

२४५. उष्णतेच्या विनिमयाचें स्पष्टीकरण करण्यास स्वरूप आरशांचा उपयोग—स्वरूप आरशांच्या सहाय्यानें एक प्रयोग करितां येतो. त्यानें या नियमाचें बरेंच स्पष्टीकरण होतें. तो प्रयोग खालीं दिला आहे. जरी आम्ही उष्णताजन्य विद्युन्मालेचा उपयोग केला आहे, असें समजून वर्णन केलें आहे, तरीं भेदोष्णमापकाचाही आपणास उपयोग करितां येईल. मात्र त्या वेळीं आरशास अधिक जवळ ठेवावें लागेल.

प्रयोग—कलम २३५ यांत सांगितल्याप्रमाणे सरूप आरसे समोरा समोर ठे-



आकृति १२३ वी.

बारे. A बैठक एका आरशा पुढे अशी ठेवावी की, तिजवर ठेविलेला पदार्थ आर-  
शाच्या F केंद्रांत येईल; आणि त्या बैठकीस S S' पत्रा असा असावा की, विसर्जित  
किरण दुसऱ्या आरशावर पडू नयेत. उष्णताजन्य विद्युन्माला  $\theta$  दुसऱ्या आरशापुढे  
अशी ठेवावी की, तिचे उघडे तोंड त्याच्या F' केंद्रांत असेल. आणि तिच्या दुसऱ्या  
तोंडावर पितळेचे झाकण घालून त्यावर कोणतेही कार्य होऊ देऊ नये. आता या प्रयोगाचे  
चीन भाग करू.

(१) A बैठकीवर हवेच्या इतके उष्णमान असलेला एक पदार्थ ठेवावा, म्हणजे  
उष्णताजन्य माला काही उष्णता दर्शविणार नाही. आणि विनिमय कल्पनेप्रमाणे  
आपण असे म्हणू की, F' ठिकाणी असलेली माला आणि F ठिकाणी असलेला पदार्थ  
हे परस्परांकडे अशा रीतीने उष्णता पाठवीत आहेत की, प्रत्येक जेवढी उष्णता बाहेर  
याकितो, तेवढी त्याकडे येते.

(२) नंतर F' ठिकाणी बैठकीवर उष्ण केलेला पदार्थ ठेवावा. म्हणजे माला  
उष्ण होत आहे असे दिसेल. कारण ती आता F' कडे जेवढी उष्णता पाठविने, तिज-  
पेक्षा F' कडून जास्त उष्णता तिजकडे येते.

(३) आता F' ठिकाणी थोडे बर्फ ठेवावे म्हणजे हवेच्या उष्णमानापेक्षा F'  
ठिकाणीची माला शीत झाल्याचे दिसेल. तर मालेकडे बर्फाने शीतता विसर्जित  
केली असे आपण झणवे की काय? असे म्हटल्यास उष्णतेच्या स्वरूपाविषयी जी  
कल्पना आहे, ती सर्वच काहीशी बदलली लागेल. परंतु विनिमयाच्या कल्पने-  
वरून ही गोष्ट सहज स्पष्ट करून दाखविता येते. कारण प्रयोगाच्या पहिल्या भा-  
गांत जेव्हा F' ठिकाणी हवेच्या उष्णमानाइतक्या उष्णमानाचा पदार्थ ठेविला, तेव्हा जर  
मालेने जेवढी उष्णता बाहेर याकिली, तेवढीच उष्णता तिच्यात आली तर ह्या वेळां  
तिणे जेवढी उष्णता बाहेर याकिली, तिजपेक्षा कमी उष्णता तिजकडे आली, असे

उष्णता येईल. कारण खोलीत ठेविलेलें बर्फ वितळतें झणून एकंदरीत बर्फामध्ये कमी उष्णता येते, हें उघड आहे. म्हणून खोलीच्या उष्णमानाइतकें उष्णमान असलेला पदार्थ जेवढी उष्णता विसर्जित करितो, त्यापेक्षा बर्फ कमी उष्णता विसर्जित करीन असलें पाहिजे. यास्तव माला जितकी उष्णता बाहेर टाकिते, त्यापेक्षा तिजमध्ये कमी उष्णता आल्यामुळें ती शीत होते हें उघड आहे.

टीप—(अ) F कद्रांत जेव्हां मुळीच पदार्थ नसतो, तेव्हां S S पचा, खोलीच्या भिंती, आणि जमीन इत्यादि यांपासून विसर्जित झालेली उष्णता F केंद्रांतून जाते; आणि भिंती वगैरे पदार्थांच्या उष्णमाना इतक्या उष्णमानाचा पदार्थ केंद्रांत ठेविला असतां जेवढी उष्णता दुसऱ्या आरशावर जाईल तितकीच उष्णता पदार्थ नसतांही केंद्रांतून जाते.

(ब) वास्तविक दुसऱ्या प्रयोगापूर्वी निसरा प्रयोग केला पाहिजे. नार्हीतर दुसऱ्या प्रयोगांत बैठक उष्ण होते, ती बैठक बदलून दुसरी बैठक घेतली पाहिजे.

२४६. बंद खोली—येथें एक आझी नवीनच पण साधी गोष्ट सांगून देवू. तिचा उपयोग आम्हांस पुढें जास्त करावा लागेल. अशी कल्पना करू की, कोणत्या तरी आकाराची सर्व बाजूंनी बंद अशी एक खोली आहे आणि तिच्या भिंती वगैरे सर्व भागांचे उष्णमान सारखे उ° आहे. या खोलीत मध्ये किंवा कोपऱ्यांत कोठेही उष्णमापक ठेविलें तर त्याचे उष्णमान उ° होईल हें उघड आहे. आतां आझी जें वर सांगितलें, त्या वरून याचा अर्थ असा होतो की, खोलीच्या सर्व भागां दर सेकंदांत त्याजवर सारखीच उष्णता येऊन पडते. कारण त्याचे उष्णमान सर्व ठिकाणी उ° राहणें. म्हणून त्यानें दर सेकंदांत सर्व ठिकाणी आपल्यातील सारखीच उष्णता बाहेर टाकिली असें म्हटलें पाहिजे. असें नसेल तर खोलीच्या सर्व भागां दर सेकंदांत बरोबर तितकीच उष्णता उष्णमापकांत येऊं शकणार नाही. या साध्या प्रयोगासिद्ध गोष्टीवरून असें दिसतें की ज्या खोलीच्या भिंती हव्याच्या भिन्न भिन्न द्रव्याच्या पण समान उष्णमानाच्या आहेत, अशा खोलीत उष्णतेचे जे किरण सर्व दिशांनीं एकसारखे जात असतात, ते सर्वत्र सारखे असतात. म्हणजे सारख्या उष्णमानाचे असतात.

### विसर्जन आणि शोषण यांमधील साधारण संबंध.

२४७. शीघ्र आणि मंद विसर्जक—आतां विसर्जन विषयाच्या ज्या भागाविषयीं सांगणार त्याचें पुढें याहून अधिक तपशीलवार वर्णन केलें आहे.

आझी असें समितलें की पदार्थापासून जी उष्णता विसर्जित होते, ती त्यांच्या उष्णमानावर अवलंबून असते. उदाहरणार्थ थंड पाण्यानें भरलेल्या चहादाणीपेक्षा तेवढ्याच कढ्या पाण्यानें भरलेल्या चहादाणीपासून जास्त उष्णता विसर्जित होते. तसेंच ज्या जातीची चहादाणी आपण घेऊं त्यावरही विसर्जित उष्णतेचें मान अवलंबून असतें. एक चकचकीत रुप्याची चहादाणी घेतली आणि दुसरी तसलीच व तेवढीच काजळ्यानें रंगवून काळी केलेली चहादाणी घेतली, आणि जरी दोहोंचें उष्णमान समान असलें,

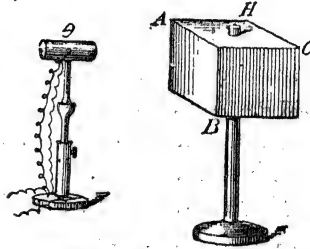
तरी चकचकीत चहादाणीपासून थोडी उष्णता विसर्जित होईल. यास्तव विसर्जन पावणाऱ्या उष्णतेचें मान पदार्थाचें उष्णमान आणि त्याच्या पृष्ठभागाची स्थिति या दोहोंवर अवलंबून असतें. हें लक्षांत ठेविलें पाहिजे कीं, तूर्त आह्मी विषयाचा स्थूल मानानें आणि कित्येक वेळां अर्धवट रीतीनें विचार करीत आहों. कारण प्रथमतः या विषयाचें साधारण स्वरूप वाचकांच्या लक्षांत यावें असा आमचा हेतु आहे. पुढें याहून बारिक व सूक्ष्म रीतीनें तपशीलवार असा विचार करण्यांत येईल. प्रथमतः सर्व प्रकारच्या पृष्ठभागांचे दोन वर्ग करूं.

(१) शीघ्रविसर्जक—साधारणतः खरखरीत आणि काळे असे जे पृष्ठभाग त्यांपासून उष्णताविसर्जन चांगलें होतें.

(२) मंदविसर्जक—चकचकीत फिकट रंगाचे पृष्ठभाग यांपासून उष्णताविसर्जन फार मंद होतें.

काहीं थोडे प्रयोग करून असे दाखवूं कीं, निदान बऱ्याच गोष्टींत वर सांगितलेले नियम खरे असतात.

प्रयोग १—A B C हा एक सहा इंच औरस चौरस चकचकीत उबा आहे. त्याच्या वरच्या आंगास बुचानें बंद केलें H भोक आहे, त्यांतून उब्यांत कढतें पाणी भरता येतें. हा उबा ठेवण्याची उभी बैठक आहे, ती फिरवून उब्याची हवी ती बाजू प्रयोग करणारास आपल्या समोर आणता येते. (आ. १२४ पहा.)



आकृति १२४ बी.

उब्याच्या चारही उभ्या बाजू निरनिराळ्या पदार्थांनीं मढविलेल्या आहेत. जसें A B बाजू काळ्या रंगानें रंगविलेली आहे; आणि B C बाजू कथलाच्या चकचकीत वर्यानें मढविली आहे.

० ही उष्णमाला अशी ठेविली आहे कीं, तिचें एक तोंड उघडें असून उब्याकडे वळविलें आहे.

उक्त वाटोळा फिरवून व मालेसमोर त्याच्या निरनिराळ्या बाजू आणून असें पाहता येतें कीं, जरी सर्व बाजूंचें उष्णमान एकच आहे, तरी त्यांच्या विसर्जक शक्तींमध्ये फार फरक दिसतो. काळ्या व चकचकीत बाजूंच्या विसर्जक शक्तींत फारच फरक दृष्टीस पडतो.

दीप—ह्या प्रयोगांत मालेच्या बदला लेसलीचें भेदोष्णमापकही घेतां येतें. मात्र तें उब्याच्या फार जवळ ठेवावें लागतें.

(२) आतां उब्याची प्रत्येक बाजू फक्त २ इंच आहे, असे वर सांगितल्या प्रकारचे दोन चौकोनी उबे, एक सर्व बाजूंनीं काळा केलेला, आणि दुसरा चकचकीत कथलाच्या वर्यानें मढविलेला, असे घेऊं. प्रत्येकांत कढतें पाणी भरून त्यांच्या भोंकांतील



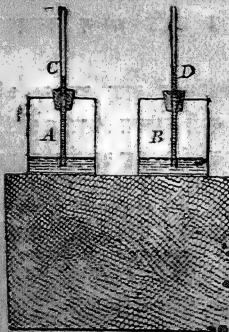
बुचावून उष्णमापकें पाण्यांत बुडण्याजोगीं बसवूं. (पुढील आ. १२५ पहा ) या उब्यांस हवेंत उघडे ठेवून त्यांपासून विसर्जन चालू दिलें तर काळ्या उब्याचें उष्णमान जास्त जलदीन उतरतें किंवा तो जास्त उष्णता विसर्जित करितो, हें त्यातील उष्णमापकावरून समजतें.

२४८. शीघ्र आणि मंद शोषण—समोवतालच्या पदार्थाद्वन जास्त उष्णमानावर पदार्थ असता तो उष्णता बाहेर किती टाकितो, याचा विचार केल्यावर स्वाभाविकच समोवतालच्या पदार्थाद्वन कमी उष्णमानावर पदार्थ असता, तो उष्णता कशी शोषण करितो, याचा विचार केला पाहिजे. जर उष्णतेविषयी लहरीरूप कल्पना खरी आहे असें घेतलें, तर उष्णता बाहेर टाकणें व शोषणें यांचा अर्थ पदार्थांचे कण आणि ईथर या दोहोंमध्ये गतीचा संचार सहज होणें हा आहे. ही गोष्ट लक्षांत ठेविली असता जर पदार्थ सहजीं उष्णता बाहेर टाकीत असेल, तर तो सहजीं उष्णता शोषणही करील, ही गोष्ट स्वाभाविक दिसते. द्वाणजे शीघ्र विसर्जक हे शीघ्र शोषक असावे, हें अनुमान सहजीं निघतें. एक साधी गोष्ट घेऊन या स्वाभाविक अनुमानाची प्रचीति घेतें किंवा नाही तें पाहूं. पुढें शोषण आणि विसर्जन यांमध्ये जो संबंध असतो, त्याविषयी पूर्ण विवेचन करूं.

प्रयोग (१) एक चकचकीत कथलाचा पत्रा आणि दुसरा मागील कलमांत सांगितलेल्या काळ्या रंगानें रंगविलेला पत्रा असे दोन पत्रे विस्तवाजवळ किंवा लाल भडक केलेल्या गोटी जवळ धरावे, द्वाणजे जो काळा पत्रा चांगला विसर्जक आहे, असे आमच्या अनुभवास आलें आहे तोच पत्रा दुसऱ्या पत्रापेक्षा जास्त उष्ण होईल. म्हणजे तोच चांगला शोषकही असेल.

प्रयोग (२) मागील कलमांतील दुसऱ्या प्रयोगांत जे A व B औरस चौरस उबे घेतले तेच घेऊं. A उबा काळ्या रंगविलेला आहे, आणि B उब्याच्या बाजू चकचकीत आहेत.

प्रत्येक उब्याच्या वरच्या बाजूवरील भोंकांत बूच बसवून त्यांत बारिक भोंकांची व दोहों तोंडांनीं उघडी अशी नळी उब्याच्या तळापर्यंत पोचें अशी बसविलेली आहे. रंगांत केलेलें पाणी प्रत्येक उब्यांत सारख्या उंचीपर्यंत भरलेलें आहे. उबा भरून प्रत्येक नळींत काही उंचीपर्यंत पाणी चढविलेलें आहे. बुचांनें उब्यांचीं तोंडे अगदीं गच्च बंद केलीं आहेत. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें (आ. १२५ पहा) दोन्ही उबे एका लांकडाच्या तुकड्यावर जवळ जवळ ठेवून त्यांच्या पुढें सारख्या अंतरावर लाल भडक केलेला एक लोखंडाचा गोळा ठेवावा. लागलेंच असें नजरेंस येतें की, काळा केलेला उबा उष्णतेचें चांगलें शोषण करितो. कारण C नळीतील पाणी जलदीन चढतें, व त्यावरून त्या उब्याच्या आतील हवा प्रसरण



आकृति १२५ बी.

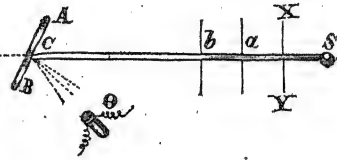
पावत आहे असें दिसतें. आणि D नळीतील पाणी सावकाश चढतें. यावरून दुसरा चकचकीत उवा उष्णतेचें शोषण फार मंद रीतीनें करितो असें अनुभवास येतें.

अगदीं पांढरे शुभ्र असे कपडे उन्हांत फार गरम होत नाहींत, याचें कारण हेंच आहे; आणि हेच कपडे धुवाजवळील अति थंड हवेंत गरम असतात. यास्तव पांढरे कपडे उष्ण किंवा थंड हवेंत वापरण्यास चांगले होत.

२४९. उष्णतेची विस्तृति किंवा तिचा परिक्षेप—एखाद्या पृष्ठभागावर जेव्हां उष्णतेचे किरण पडतात तेव्हां त्यांपैकीं काहीं शोषले जातात, आणि काहीं मागे सांगितलेल्या नियमाप्रमाणें साधारणतः परावर्तून पावतात. परंतु पृष्ठभागाच्या जास्त कमी खरबरीतपणामुळे पदार्थाच्या असंख्य लहान लहान पृष्ठभागांपासून व रेंकांपासून अनियमित रीतीनें काहीं भाग परावर्तून पावतो. हे लहान पृष्ठभाग जिकडे तिकडे अनेक दिशांनीं वळलेले असतात, ह्यापून हें अनियमित परावर्तन किंवा प्रसरण अनेक दिशांनीं घडतें.

पुढें सांगितल्या रीतीनें हें पाहतां येतें.

खालील आकृति वरून दिसेल तशी काढलेली आहे. (आ. १२६ पहा) S हा उष्ण पदार्थ आहे, आणि त्यापासून  $a b c$  हा किरण पूर्वीच्या प्रयोगांत सांगितल्याप्रमाणें जात आहे. A B हा एक पृष्ठभाग आहे, व याची उष्णता विस्तृत करण्याची शक्ति आपणास पाहणें आहे. A B कडे तोंड केलेली  $\theta$  ही उष्णताजन्य माला आहे.



आकृति १२६ बी.

आरंभीं X Y हा पत्रा S पुढें ठेवून त्याची उष्णता A B कडे अगदीं जाऊ नये असें करावें. नंतर तो पत्रा पटकन काढून घ्यावा, म्हणजे लागलाच विशुन्मापकाचा कांटा आपलें स्थान सोडतो, व त्यावरून A B पृष्ठभागापासून मालेवर उष्णतेचे किरण पडले हें स्पष्ट होतें. A B पत्रा कसाही कलता धरिला तरी हें घडतें. ह्यापून हें साधारण परावर्तन नव्हे असें स्पष्ट होतें. ही गोष्ट तत्काळ घडते म्हणून A B पत्रा उष्ण होऊन त्यापासून विसर्जित झालेली उष्णता ही नव्हे हें उघड आहे. या रीतीनें निरनिराळ्या द्रव्यांचे पृष्ठभाग निरनिराळे कोन करण्याजोगे कलतें ठेवून किती किती उष्णता त्यांपासून विस्तृत होते याची तुलना करितां येईल. हे प्रयोग करण्यास फार सूक्ष्म अशी माला घ्यावी.

२५०. जेवढे किरण पडतील तेवढे सर्व काजळ शोषण करितें—बरील प्रयोगांत पदार्थाच्या ठिकाणी काजळाचा गोळा घेतला तर त्यापासून परावर्तून किंवा प्रसरण काहींच घडत नाहीं. बराच वेळ ठेवून त्या गोळ्यास उष्ण होऊ दिलें तर मात्र विसर्जनां उष्णता येते; एरवीं येत नाहीं. काजळाचा अगदीं पातळ थर असला तर त्यांतून अत्यंत लाल किरण जातात, परंतु परावर्तून पावत नाहींत, असें टिंडाल



यानें शोषून काढिलें आहे. परंतु जाड थर असला किंवा साध्या खरबरीत पृष्ठभागावर काजळाचा पातळ थर दिला तरी वर सांगितलेली गोष्ट सर्वदा घडते.

२५१. उष्णतेचें गमन—साधारणपणें असें म्हणतां येईल कीं उष्णता पदार्थापासून परावर्तन पावते किंवा त्यानें शोषली जाते. उष्णतेचें प्रसरण याचा परावर्तनांत समावेश होतो. परंतु कांच, कित्येक द्रव, वगैरे काहीं पदार्थ असे आहेत कीं जी उष्णता ते शोषण करितात त्यांपैकीं काहीं उष्णतेस आपणावून जाऊं देतात. जेवढी उष्णता ते खरोखर शोषण करितात त्या उष्णतेनें पदार्थ उष्ण होतो, आणि जी उष्णता त्यांतून जाते त्या उष्णतेनें तो पदार्थ उष्ण होत नाही. परंतु ती उष्णता दुसऱ्या बाजूस असलेल्या पदार्थास उष्ण करण्यास मोकळी असते.

जे पदार्थ या अदृश्य उष्णतेस पार जाऊं देतात त्यांस उष्णताभेद्य (diathermanous) आणि ज्यांतून उष्णता पार जात नाही त्यांस उष्णता अभेद्य (athermanous) अशीं नांवें देऊं.

प्रयोग—कांच ही काहींशी उष्णताभेद्य किंवा पारवाही आहे असें सहज दाखवितां येतें. उष्णताजल्यमाला किंवा भेदोष्णमापक आणि उष्ण पदार्थ ह्या दोहोंमध्ये जर कांचिचें भिंग धरिलें, तर असें आढळेल कीं थोडी तरी उष्णता मालेस पोंचते; आणि नंतर भिंग पाहिलें तर तेंही उष्ण झालेलें असतें. यास्तव जी उष्णता मालेस पोंचली नाही तिजपैकीं काहीं शोषण झाली होती, हें उघड दिसतें.

२५२. शोषण, गमन, परावर्तन, आणि प्रसरण यांचा परस्पर संबंध—जी उष्णता एका सेकंदांत विवक्षित पृष्ठभागावर आली तिला १ समजलें आणि शोषीत, गत, परावर्तित आणि प्रसृत झालेल्या उष्णतेच्या भागांस श, ग, प, प्र, या अक्षरांनीं अनुक्रमें दर्शविलें, तर ज्या अर्थी पृष्ठभागावर आलेल्या सर्व उष्णतेचा ह्यांपैकीं कोणत्या तरी एका रीतीनें विनिमय झालेला आहे, त्या अर्थी स्वाभाविकच पुढील संबंध असला पाहिजे.

$$१ = श + ग + प + प्र.$$

कित्येक प्रसंगीं या अक्षरांपैकीं एक किंवा अधिक अक्षरांच्या किमती शून्य असतील. उदाहरणार्थ उष्णता अभेद्य पदार्थ घेतले तर त्यांत ग=० असेल. कारण त्यांमधून उष्णता पुढें जाणपर नाही.

२५३. विसर्जक शक्ति मापणें—आतां विसर्जकशक्ति कशास म्हणतात, हें सांगून निरनिराळ्या विसर्जक शक्तींची तुलना करशी करावी, हें दाखवूं.

प्रमाणभूत क्षेत्रापासून प्रमाणभूत काळांत उं उष्णमानावर ज्या परिमाणाची उष्णता विसर्जित होते, त्यावरून विवक्षित उष्णमानावर असलेल्या कोणत्याही पृष्ठभागाची विसर्जक शक्ति मापितात.

पृष्ठभागाची उं उष्णमानावर विसर्जक शक्ति दर्शविण्यास विउ हें चिन्ह घेऊं आणि प्रत्येक चौरस इंच पृष्ठभागापासून दर सेकंदास ज्या परिमाणाची उष्णता विसर्जित होईल, त्यावरून विसर्जक शक्ति मापूं.

ठेवावा व मालेवर त्याचें कार्य होऊं नये झणून त्याच्या आड पडदा ठेवून चौकोनी भांड्याचें उष्णमान १००° श वर कायम ठेवों. आणि निरनिराळ्या पदार्थांनीं मदविलेल्या चौकोनी भांड्याच्या किंवा डब्याच्या बाजू मालेकडे क्रमाक्रमानें फिरवाव्या. प्रत्येक वेळीं चौकोनापासून उष्णतेचें जें विसर्जन होतें, त्याचा जोर विद्युन्मापकांतील कांड्याच्या वळण्यानें मापावा.

निरनिराळ्या पदार्थांनीं मदविलेलें असें अनेक चौकोनी डबे तयार करावे; आणि प्रत्येक डबा मालेपासून सारख्या अंतरावर ठेवावा.

अशा प्रयोगांपासून जे परिणाम घडतात, त्यांचें कोष्टक खाली दिलें आहे. हें डिश्वानल याच्या पुस्तकांतून घेतलें आहे. काजळ सर्व पदार्थांत सर्व उष्णमानावर उत्तम विसर्जक आहे; झणून त्याची विसर्जक शक्ति १०० असें कल्पिलें आहे.

१००° श. उष्णमानावरील विसर्जक शक्ति.			
काजळ .....	१००	लाख .....	७२
सफेता .....	१००	जिल्हई दिलेलें पितळ .....	७
काच .....	९०	” ” सोनें .....	३
हिंदी शाई .....	८५	” ” रुपें .....	३

यावरून असें दिसतें कीं, कलम २४७ यांत जो सिद्धांत सांगितला त्यांत थोडा फेरफार केला पाहिजे. कारण १००° श उष्णमानावर काजळा इतका सफेताही चांगला विसर्जक आहे.

२५४. शोषक शक्ति मापणें—पदार्थाची शोषकशक्ति दर्शविण्यास श हें अक्षर घेऊं, आणि त्याचा अर्थ खालीं दिल्याप्रमाणें समजू. एका सेकंदांत पृष्ठभागावर जे उष्णतेचे किरण पडतात, त्यांचें एकंदर परिमाण प असें घेऊन त्यापैकीं जो अंश पृष्ठभाग शोषण करितो, तो श अक्षरानें दर्शविला आहे, असें म्हणत जाऊं. यास्तव श याची अतिमोठी किंमत म्हणजे १ होईल. सर्व पदार्थांत काजळ याची मात्र शोषकशक्ति श एक असते. बाकी इतर पदार्थांत श याची किंमत सम अपूर्णाक असेल.

निरनिराळ्या पदार्थांच्या शोषक शक्ति मेलोनी यानें ब्या रीतीनें शोधून काढिल्या, ती रीति फार सूक्ष्ममानाची नव्हती, म्हणून ती आम्ही येथें देत नाहीं. कलम २४८ प्रयोग २ यांत सांगितलेल्या रीतीनें चांगले परिणाम अनुभवास येतात.

काळा केलेला कथलाचा चौकोनी डबा १००° श उष्णमानावर ठेवून त्यापासून विसर्जित झालेली उष्णता शोषण करविली, तर वरील कलमांत निरनिराळ्या पदार्थांच्या ब्या विसर्जक शक्ति दिल्या आहेत, त्याच शोषक शक्ति येतात.

२५५. विसर्जन आणि शोषण यांमधील “बंद खोलीच्या” सहाय्याने काढलेला संबंध—बंद खोलीच्या आतील बाजू काजळाने मढविलेल्या आहेत, व तिला उ° श या नियमित उष्णमानावर ठेविले असून तिजमध्ये कोठे तरी उष्णमापक ठेविले आहे, असे समजू. खोलीत कोठेही उष्णमापक असले तरी त्याचे उष्णमान उ° श होईल, हे आपणास माहीत आहे. खोलीच्या एका बाजूस टेंकून उष्णमापक ठेविले आहे, व ते तेथे एक चौरस इंच जागा व्यापिते, असे घेऊं. ज्या पदार्थाच्या शोषक व विसर्जक शक्तीविषयी आपणास विचार कर्तव्य आहे, त्याने ते उष्णमापक मढविलेले असावे. प्रत्यक्ष प्रयोगावरून असे अनुभवास येते की, ते उ° श या उष्णमानावरच राहते; म्हणून त्याने जितकी उष्णता विसर्जित केली तितकीच शोषण केली, असे होते.

विंड = उ° श उष्णमानावर काजळाची विसर्जकशक्ति.

शंड = ,, ,, शोषकशक्ति (=१. क. २५०)

विंड = ,, इच्छित पदार्थाची विसर्जकशक्ति.

शंड = ,, ,, शोषकशक्ति.

पूर्वीच्या दोन कलमांत शोषक व विसर्जक शक्तींच्या व्याख्या दिल्या आहेत. विसर्जक शक्तीची जी व्याख्या दिली आहे तिला अनुसरूनच, उष्णमापकाने प्रमाणभूत एक चौरस इंच जागाच व्यापिली आहे, असे येथे आपण समजलों आहों. दुसरे कोणतेही क्षेत्र घेतले, किंवा दुसरीकडे कोठेही उष्णमापक ठेविले तरी परिणाम हाच घडेल; परंतु हिशोबाने सहज काढिता येणार नाही.

आतां काजळाने मढविलेल्या प्रत्येक चौरस इंच पृष्ठभागापासून दर सेकंदांत विंड उष्णता विसर्जित होत आहे. आणि काजळ त्यावर पडलेली सर्व उष्णता शोषण करिते, आणि त्याचे उष्णमान उ° श कायम आहे, आणि म्हणून ते जितकी उष्णता विसर्जित करीत आहे, तितकी शोषण करीत आहे; यावरून असे स्पष्ट होते की, त्याच्या प्रत्येक चौरस इंचावर विंड इतकीच उष्णता पडत आहे. त्याचप्रमाणे ज्या विवक्षित चौरस इंचावर उष्णमापक टेंकले आहे, त्यावरही दर सेकंदांत विंड इतकीच उष्णता पडत आहे. शंडची द्वगुणजे शोषक शक्तीची जी आद्वी व्याख्या दिली आहे, तिजवरून शंड × विंड इतकी उष्णता उष्णतामापक शोषण करिते. परंतु विसर्जक शक्तीची जी व्याख्या दिली आहे, तिजवरून विंड उष्णता उष्णमापक विसर्जित करीत आहे. ज्यापेक्षा ते उ° श या उष्णमानावर कायम राहते, त्यापेक्षा

$$\text{विंड} = \text{शंड} \times \text{विंड}.$$

$$\text{किंवा, } \frac{\text{विंड}}{\text{शंड}} = \text{विंड}.$$

याचप्रमाणे ज्या दुसऱ्या पदार्थाच्या उ° श उष्णमानावर विसर्जक व शोषक शक्ति विंड आणि शंड आहेत, त्याने उष्णमापक मढविले असल्यास याचप्रमाणे विसर्जक व शोषक शक्तीचा संबंध विंड बरोबर येईल म्हणून:—

$$\frac{\text{विंड}}{\text{शंड}} = \frac{\text{विंड}}{\text{शंड}} = \frac{\text{विंड}}{\text{शंड}} \dots \dots \dots = \text{विंड}$$

यांतून लहरीच जाण असे आझी वर सांगितल आहे. परंतु ही वळपयव उत्पत्तीच सर्व किरण किंवा सर्व लहरी एकाच जातीच्या आहेत, असे समजत आलों.

समुद्रावर आपण असे पाहतो की, तेथे निरनिराळ्या लांबीच्या लहरी असतात, आणि त्या एकाच वेळी एकाच पाण्यावर पुढे जातात. तेथे एकाच काळी भरतीपासून उत्पन्न झालेल्या लहरी, वाऱ्यापासून उत्पन्न झालेल्या लहरी, आणि मध्ये कीही प्रतिबंधक पदार्थ आल्याने उत्पन्न झालेल्या लहरी, आणि वल्हे मारल्यापासून उत्पन्न झालेले छोटे उंचवटे असे सर्व एकाच वेळी किनाऱ्यावर येऊन थडकतात, असे आपण पाहतो.

ईथर (इंधक) यांतील लहरींचा असाच प्रकार घडतो की काय ? आणि असा प्रकार घडत असला तर निरनिराळ्या लांबीच्या लहरींचा जो एकच घोळका आपणास येऊन पोहोचतो, त्यांतून निरनिराळ्या लांबीच्या लहरींस कसे वेगळे काढवे, आणि त्या सर्वांचे धर्मे सारखेच किंवा भिन्न असतात, हे कसे पाहावे, हा प्रश्न उत्पन्न होतो.

किरणांचा जो घोळका येतो, त्यांतून एका लांबीचे किरण दुसऱ्या लांबीच्या किरणांपासून वेगळे काढण्याची एक रीति आहे, तिजविषयी आतां विचार करूं.

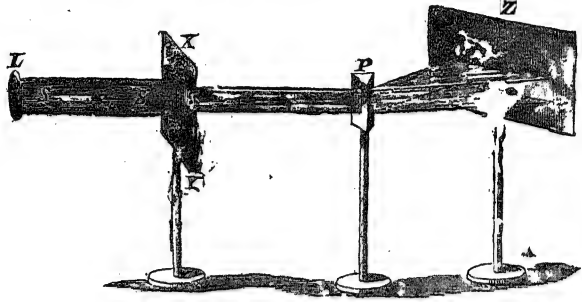
२५७. पृथग्भूत किरण—कलम २२७ प्रयोग २ यांत प्रिझम ह्मणजे त्रिकोनी कांच यांतून उष्णतेचा किरण जात असतां सरळ रेषेपासून वक्रीभवन पावतो, असे दाखविले. त्याचप्रमाणे प्रकाशाचा किरणही आपल्या सरळ मार्गापासून वक्रीभूत होतो, असे आपणास माहीत आहे.

प्रकाश आणि उष्णता यांच्या वर्तनांत फार साम्य आहे आणि दोहोंचीं कार्ये स्पष्ट करण्याकरितां दोहोंविषयी लहरीरूप ही एकच कल्पना गृहीत घेणे भाग पडते. यावरून दोहोंमध्ये वास्तविक फार भेद नाही. ईथर (इंधक) मध्ये लहरी उत्पन्न होऊन दोनही पुढे जातात, आणि त्या लहरींचे चक्षुरिंद्रिय किंवा स्पर्शेन्द्रिय यांवर कार्य होईल, त्याप्रमाणे आपण त्यांस प्रकाश किंवा उष्णता हीं नावे देतो. या गोष्टींचे जास्त पूर्ण रीतीने पुढे स्पष्टीकरण करण्यांत येईल, व त्याची सत्यताही सिद्ध करण्यांत येईल.

असे अनुभवास आले आहे की, (आणि गणितानें सिद्ध करितांही येते) ज्या किरण लहरींची लांबी कमी असते, ते किरण जास्त लांबीच्या लहरींच्या किरणापेक्षां आपल्या सरळ मार्गांतून अधिक वक्रीभवन पावतात. यामुळे भरीव भिंगावर अशा मिश्र किरणांचा समुदाय पडला तर त्यांतून पार गेल्यावर किरण पंख्यासारखे पसरतात, आणि पडद्यावर एक रूंद पट्टी दिसते, आणि रेषा दिसत नाही.

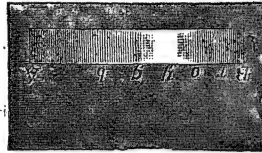
प्रयोग—म्याजिकल्यार्टनें किंवा जादूचा दिवा याकरितां ज्या कंदिलाचा उपयोग

करितात, तसा कंदील घेऊन समांतर किरणाची S S किरणछटा पाडवी. (आ.



आकृति १२७ बी.

१२७ पहा) X Y हा उभा पडदा कंदिलापुढे ठेवून त्यास उभी लांबट चिंचोळी फट पाडून तिजमधून ही किरणछटा पार जाऊ द्यावी, म्हणजे फटीच्या उंचीची वरुंदीची किरणछटा बाहेर पडेल. पडद्यापुढे बैठकीवर उभे बसविलेले त्रिकोनी भिंग P



ठेवून त्याजवर फटीतून आलेली छटा पडू द्यावी. म्हणजे या भिंगातून पार जाताना वक्रीभवन पवेल, आणि भिंगापुढे असलेल्या Z या पडद्यावर पंढ्यासारखी पसरलेली अशी पडेल. पडद्यावर ही छटा स्पष्ट कशी दिसेल ते आ० १२७ मध्ये दाखविले

आकृति १२८ बी.

आहे. पाहणाऱ्या पडद्याच्या मागे उभा असून त्यास ज्याप्रमाणे दिसेल, तशी आकृतीत दाखविली आहे. म्हणून जो भाग सरळ मार्गापासून अगदी कमी वक्रीभूत झाला आहे, तो डाव्या बाजूस B कडे आणि अत्यंत वक्रीभूत झालेला भाग उजव्या बाजूस A कडे दाखविलेला आहे.

वास्तविक म्हणजे पृथग्भूत किरणाविषयी विवेचन करणे प्रकाशाशास्त्राचा विषय आहे; तथापि आम्ही येथे त्याचे थोडेसे वर्णन करीत आहो. ज्या लहरी अगदी कमी वक्रीभवन पावतात, त्या फार लांब असतात, आणि लहरी ज्याप्रमाणे आंखूड असतील, त्याप्रमाणे त्या जास्त वक्रीभवन पावतात. झणून आ. १२८ मध्ये जो पृथग्भूत किरण दाखविला आहे, त्यांत B पासून A कडे लहरी आंखूड आंखूड होत गेलेल्या आहेत. यास्तव येथे सर्व प्रकारच्या निरनिराळ्या लांबीच्या लहरींचा किरणसमुदाय पृथग्भवनाने जास्त कमी लांबीप्रमाणे क्रमवार वेगळा झालेला आहे. यास्तव निरनिराळ्या लांबीच्या लहरींत काही भेद असतो की काय, आणि असेल तर कोणता हे आपणास आता हवे तेव्हा पाहता येईल.

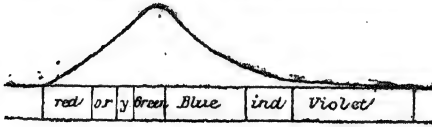
पडद्यास जर एक लहान भोक पाडिले, व त्यातून पृथग्भूत किरणांचा एकादा विवक्षित भाग पार जाऊ दिला, व दुसऱ्या त्रिकोणी भिंगावर पडू दिला, तर तो आता

पहिल्याप्रमाणें पसरत नाही. यावरून तो किरण एका विवक्षित लांबीच्या लहरी-चाच असतो, असें स्पष्ट होतें. यास्तव त्रिकोणी भिंगानें निरनिराळ्या लांबीचे किरण वेगवेगळे झाले आहेत, हें सिद्ध होतें.

२५८. प्रकाशाच्या संबंधानें पृथग्भूत किरणाविषयी विचार—निरनिराळ्या लांबीच्या लहरींपासून चक्षुरिंद्रियावर कसे परिणाम घडतात, हें पाहणें फार सोपें असतें. कारण हे परिणाम केवळ पाहण्यानें आपणास समजतात.

B टोंकाकडे असलेले जे अति लांब किरण त्यांस पाहिले असतां ते मंद अशा लाल प्रकाशाचे दिसतात. आणि B पासून A कडे पाहत गेलें म्हणजे आंखूड आंखूड लहरी डोळ्यावर पडून क्रमाक्रमानें चकचकीत लाल, नारंगी, पिवळा, हिरवा, निळा, असमानी आणि किरमिजी किंवा जांभळ्या असे रंग दिसतात. आणि याप्रमाणें नेत्रांच्या योगानें लहरींच्या निरनिराळ्या लांबींचें आपणास सहज ज्ञान होतें.

पृथग्भूत किरणाच्या निरनिराळ्या भागांत प्रकाशाची तीव्रता कशी असते, हें सोबत-



आकृति १२९ बी.

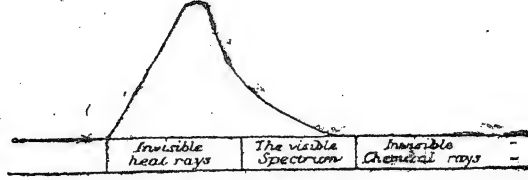
यांस एकच प्रकाश भिन्नभिन्न रंगाचा असाही दिसतो. परंतु लहरींची लांबी ही भौतिक गोष्ट असून तिजविषयी काहीं शंका नसते. निरनिराळ्या लांबींच्या लहरी असें आपण व्यवहारांत म्हणत नसून निरनिराळ्या रंगाचे किरण असेंच द्वाणतो. तथापि जेव्हां आपण अमक्या रंगाचा किरण असें म्हणतो, तेव्हा विवक्षित लांबीच्या लहरीस अनुलक्षूनच व्यवहारिक रीतीनें आपण बोलत असतो हें उघड आहे.

२५९. ध्वनीशीं साम्य—याचप्रमाणें ध्वनिशास्त्रांतही भिन्नभिन्न लांबीच्या लहरींपासून भिन्नभिन्न ध्वनि उत्पन्न होतात, व ते आपणास ध्वनीच्या उच्चनीचपणावरून कानानें ओळखतां येतात. यास्तव चक्षुरिंद्रियास जसा रंग आहे, त्याचप्रमाणें कर्ण-द्रियास ध्वनीचा उच्चनीचपणा आहे, व याप्रमाणें दोहोंमध्ये फार निकट असें साम्य आहे.

२६०. उष्णतेच्या संबंधानें पृथग्भूत किरणाविषयी विचार—निरनिराळ्या लांबीच्या लहरींचे उष्णताजनक धर्म पाहण्यास चक्षुरिंद्रियासारख्या सूक्ष्म यंत्राचा उपयोग आपणास करितां येत नाही. फार अरुंद अशा विद्युच्चन्य उष्णतामालेचा आपणास उपयोग केला पाहिजे, आणि ती माला B टोंकापासून A टोंकाकडे फिरवीत नेऊन प्रत्येक ठिकाणीं विद्युन्मापकाचा कांटा किती वळतो, तें पाहिलें पाहिजे.

प्रयोग—सैधव किंवा खडकी मीठ याचा भरवि त्रिकोण आणि योग्य अशी उष्णतामाला घेऊन हें दाखवितां येईल. हे प्रयोग करितांना असें एकदम आपल्या अनुभवास येतें, कीं पृथग्भूत किरणाच्या डावीकडच्या कोणत्याही भागां उष्णताजन्य परिणाम फार होतात; आणि स्पष्ट लाल भागां नेण्यापूर्वीच अत्यंत उष्णताजन्य परि-

णाम घडतो. आणि तेथून कमी कमी होत स्पष्ट लाल भागीं निमा परिणाम राहतो. पृथग्भूत किरणाच्या निरनिराळ्या भागीं उष्णतेची तीव्रता कशी असते, हें विंदुमय वक्ररेषेनें खालील आकृतीत दाखविलें आहे. (आ. १३० पहा) याचप्रमाणे



आकृति १३० वी.

पृथग्भूत किरणाच्या निरनिराळ्या भागांची रासायनिक तीव्रता कशी असते तीही दाखविण्यास वक्ररेषा काढितां येते. व त्यांत असें आढळून येते कीं, पृथग्भूत किरणाच्या दृश्य भागापलीकडे दुसऱ्या बाजूस जेथें लहरी आंखूड असतात, त्या ठिकाणीं रासायनिक तीव्रता अत्यंत असते.

निरनिराळ्या लांबींच्या लहरींच्या किरणांची संख्या समान आहे, असें आपण समजलों तर त्यातील लांब लहरींपासून अत्यंत उष्णताजन्य परिणाम घडतो आणि आंखूड लहरींपासून अत्यंत रासायनिक परिणाम घडतो; आणि या दोहोंमधील कांहीं लांबीत अत्यंत प्रकाशमान परिणाम घडतो; असें दिसते.

२६१. हळूहळू शुष्कोष्णमानापर्यंत उष्ण केलेल्या पदार्थापासून विसर्जन—जर आपणाजवळ सेंधवाचा भर्राव त्रिकोण असेल, आणि फार नाजूक व सूक्ष्म भक्षी अरुंद उष्णमाला असेल, तर जी गोष्ट पुढें केवळ प्रत्यक्ष घडते एवढेंच सांगणार आहों ती प्रयोगद्वारा सिद्ध करितां येईल.

कलम २५७ यांत दाखविल्याप्रमाणें पडदा व भर्राव भिंग वगैरे ठेवून व  $XY$  या पडद्यातील फटीच्या मार्गे प्रकाशमान पदार्थ ठेवून फटीतून पुढील पडद्यावर पृथग्भूत किरणाची जी प्रतिमा पडते, तिची मर्यादा खड्डेनें आंखावी; आणि जेथें जे रंग पडतात, त्यांचीही नांवे लिहावी.

नंतर प्रकाशमान पदार्थाच्या जागीं लोखंडी गोटी ठेवून तिला उष्ण करूं लागों. आरंभीं तिजपासून जे उष्णतेचे किरण विसर्जित होतील, ते प्रकाशहीन असतात म्हणून लाल ही खुणा जेथें केलेली असेल, तिच्या मर्यादेच्या पलीकडे कांहीं अंतरावर पडद्यापुढें माला धरिली असतां तेथें उष्णताजन्य परिणाम अनुभवास येतो. यावरून असें झालें कीं, गोटीपासून फार लांब अशा लहरी मात्र येत आहेत.

गोटीस जसजसें उष्ण करीत जावें, त्याप्रमाणें लाल रंगाच्या मर्यादे जवळ जवळ उष्णताजन्य परिणाम होऊं लागतात. आणि ज्या ठिकाणीं प्रथमतः उष्णताजन्य परिणाम घडले होते, तेथें अधिकाधिक तीव्र परिणाम अनुभवास येऊं लागतात.

पूर्ण पृथग्भूत किरण दिसूं लागतो. यानंतर आंखुड असे अदृश्य रासायनिक किरण येऊं लागून अखेर पृथग्भूत किरणांत येणारे सर्व किरण पडद्यावर येतात, असें रासायनिक परीक्षेवरून समजतें.

हे सर्व परिणाम थोडक्यांत लिहूं. घन पदार्थास साधारण उष्णमानापासून शुभ्रोष्णमानापर्यंत उष्ण करीत गेलें, तर त्यापासून पृथग्भूत किरणांतील सर्व किरण क्रमाक्रमानें निघतात; अत्यंत लांब किरण निघण्यास आरंभ होऊन अतिआंखुड किरण शेवटीं निघतात. आणखी असेंही घडतें कीं ज्याप्रमाणें अधिकाधिक आंखुड किरण निघूं लागतात त्याप्रमाणें पूर्वीं निघालेले जे लांब किरण त्यांची तीव्रता वाढत जाते.

उदाहरणार्थ १००° श. उष्णमानावर लोखंडाच्या गोटीपासून फक्त प्रकाशहीन उष्णता निघते. परंतु तीच गोटी शुभ्रोष्ण झाल्यावर प्रकाशमान किरण निघून शिवाय प्रकाशहीन किरण फार निघतात. ही गोष्ट फार महत्वाची असून लक्षांत ठेवण्याजोगी आहे.

२६२. विशिष्ट विसर्जन—मागील कलमांत घनपदार्थांचें साधारणतः वर्तन कसें घडतें तें सांगितलें. परंतु कित्येक घन पदार्थ व दुसरे काहीं पदार्थ यांचें वर्तन भिन्न भिन्न रीतीतें घडतें. या पदार्थांस जसें उष्ण करीत जावें त्याप्रमाणें त्यापासून फक्त काहीं विशेष लांबीच्याच लहरी निघतात. उदाहरणार्थ बनसेनच्या दिव्यांत खनिज कोळशांचा धूर हवेंत मिसळून जळतो, तेव्हां त्यापासून फक्त अदृश्य विसर्जन मात्र घडतें. झणजे ती ज्योत स्पष्ट दिसत नाही व तिजपासून विसर्जित झालेले किरणही दिसत नाहीत. तथापि त्या ज्योतीचें उष्णमान इतकें तीव्र असतें कीं तिजमध्ये शिटिनमधातूची तार धरिली असता ती शुभ्रोष्ण होऊन तिजपासून सर्व लांबीच्या लहरी निघतात.

याचप्रमाणें वायु व वाफ यांपैकीं प्रत्येकीपासून ही विशेष लांबीच्या लहरी निघतात. यामुळे यांपासून सर्व रंग असलेला असा पूर्ण पृथग्भूत किरण उत्पन्न होत नसून निरनिराळ्या रंगाच्या रेषा पसरलेल्या दिसतात; व याच तत्त्वावर पृथग्भूत किरणांच्या सहाय्यानें पदार्थांचें पृथक्करण करण्याची रीति निघाली आहे.

२६३. विशिष्ट शोषण—कित्येक पदार्थ काहीं विशेष रंगाचें शोषण करितात व दुसऱ्याचें परावर्तन करितात, असेंही अनुभवास येतें. उदाहरणार्थ जिरेनिभम हें फुल-झाड लाल दिसतें. याचें कारण असें आहे कीं तें हिरव्या रंगास शोषण करून फक्त लाल रंगाचें मात्र त्यापासून आपल्या नेत्राकडे परावर्तन होतें.

लाल कांच लाल दिसते. याचें कारण जो शुभ्र प्रकाश तिजमधून जातो, त्यापैकीं हिरव्यास शोषण करून फक्त तांबड्यास मात्र नेत्राकडे येऊं देते. अदृश्य अशा किरणांचाही हाच प्रकार होतो. सैधव अदृश्य व दृश्य अशा कोणत्याही किरणांस



शोषण करीत नाही. काजळ सर्वांस शोषण करितें. विशिष्ट शोषणांचीं आणखीं काहीं उदाहरणें देजें.

**उदाहरण १.**—कलम २५४ यांत असें आपण पाहिलें कीं,  $100^{\circ}$  हा उष्णमानावर असलेल्या चौकोनी उब्यापासून निघालेले अदृश्य किंवा प्रकाशहीन उष्णतेचे किरण सफेता शोषण करितो. त्याचप्रमाणें काजळही शोषण करितें. परंतु सफेता पंढरा असतो, म्हणून सर्व दृश्यकिरण त्याजपासून परावर्तन पावतात.

**उदाहरण २.**—साध्या काचेंतून उष्णतेचे सर्व दृश्य किरण पार जातात, परंतु आरंक्तोष्णमानाच्या पूर्वीचे जे अदृश्य किरण त्यांपैकी पुष्कळांस काच शोषण करितें. याविषयी काहीं प्रयोग देतों.

**प्रयोग (अ)**—सैधवाच्या प्रिझमाचा उपयोग करून जर पृथग्भूत किरण पाडिला तर लालप्रदेशाच्या पलीकडे अत्यंत उष्णता अनुभवास येते. परंतु प्रिझम गरम होत नाही. त्याच्या जागी जर काचच्या तुकड्याचा द्वयजे प्रिझमाचा उपयोग केला तर याच प्रदेशांत एकदम उष्णता पुष्कळ कमी भासू लागते, व काच उष्ण होते. यावरून ती प्रकाशहीन किरणास शोषण करिते, असें दिसतें.

**प्रयोग (ब)**—उब्यापासून प्रकाशहीन असे उष्णतेचे किरण निघत आहेत, अशा  $100^{\circ}$  हा उष्णमानावर असलेल्या चौकोनी उब्यापुढें उष्णमाला किंवा भेदोष्णमापक ठेवून कांटा किती वळतो, किंवा भेदोष्णमापक किती उतरतें, तें पाहवें. नंतर मध्यें तावदानी काचचा तुकडा धरावा, म्हणजे तत्काळ काहीं उष्णता शोषली जाऊन कांटा तितका वळणार नाही. तथापि दृश्य अशा उष्णतेच्या किरणास काच शोषण करीत नाही.

**उदाहरण (३).**—पाणी आणि बर्फ उष्णतेच्या प्रकाशहीन किरणांस शोषण करितान. परंतु दृश्य किंवा प्रकाशमान किरणांस शोषण करीत नाही. फार पातळ असे काचिचें भांडें पाण्यानें भरून त्यानें हें पाहतां येतें.

**उदाहरण (४)**—पाण्याची वाफ, दुसरे कित्येक संयुक्त वायु व वाफा, सुवास येणारा असा कोणताही वायु या सर्वांतून प्रकाशाचे किरण पार जातात; परंतु त्यांतून प्रकाशहीन असे किरण पार न जातां शोषले जातात असें टिंडाल यानें शोधून काढिलें आहे.

उष्णमाला,  $100^{\circ}$  हा वर असलेला चौकोनी उब्या, व एका नळीच्या दोहों तोंडावर सैधवाचे तुकडे बसवून तसली केलेली नळी घेऊन टिंडाल यानें हे प्रयोग केले. उब्यापासून प्रकाशहीन किरण निघत असत, आणि नळींत वायु किंवा वाफ तो भरत असे.

**उदाहरण (५)**—कार्बोनच्या द्विसल्फाइडामध्ये आयोडीन विद्रुत करून तयार केलेला दाट द्रव घेतला, तर त्यांतून प्रकाशाचे किरण पार जात नाहींत, परंतु प्रकाशहीन असे उष्णतेचे किरण पार जातात.

**२६४. शोषण आणि विसर्जन यांमधील संबंध**—शोषण आणि विसर्जन यांमध्ये जो महत्वाचा संबंध असतो, त्याचा आतां आपणांस चांगला विचार करिता येईल. प्रयोगावरून जें अनुमान निघतें, तें खाली दिलें आहे. जे चांगले विसर्जक

२६५. कांहीं विशेष घनपदार्थांची शोषक व विसर्जक शक्ति—उदाहरण (१)—आपणास मागें समजलें आहे कीं, काजळ प्रकाशहीन व प्रकाशमान अशा सर्व किरणांस शोषण करितें. आतां त्यास जर उष्ण केलें, तर तें शुभ्रोष्ण होईल, म्हणजे तें प्रकाशमान व प्रकाशहीन अशा दोहों जातींच्या किरणांस विसर्जित करील. शुभ्रोष्ण अशा कार्बोनापासून पडलेले जे पृथग्भूत किरण त्यांची परीक्षा करून फार सूक्ष्म रीतीनें हें आपणांस सिद्ध करितां येतें.

उदाहरण (२) साधारण कांच प्रकाशहीन किरणांस मात्र शोषण करिते. तिळा जर उष्ण केलें तर तिजपासून प्रकाशहीन किरण पुष्कळ विसर्जन पावतात, परंतु प्रकाशमान किरण कमी विसर्जन पावतात. कार्बोनास इतकेंच उष्ण केलें असतां जितके प्रकाशमान किरण विसर्जन पावतात, त्याहून कांचेपासून कमी पावतात.

प्रयोग—तावदानां कांचेच्या तुकड्यास वनसेन दिव्याच्या रंगहीन ज्योतींत उष्ण करून वरील गोष्टीचा खरेपणा दाखवितां येतो.

उदाहरण (३).—हिरव्या कांचेचा तुकडा हिरवा दिसतो. याचें कारण तो लाल किरणांस शोषण करितो हें होय. तसेंच लाल कांच लाल दिसते. याचें ही कारण ती हिरव्या किरणांस शोषण करिते.

प्रयोग—हिरव्या कांचेस उष्ण करावें, म्हणजे तिचा तांबूस प्रकाश पडतो; तांब-  
व्या कांचेस उष्ण केलें तर हिरवट प्रकाश पडतो.

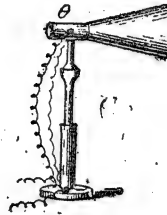
कित्येक पदार्थांच्या शोषक व विसर्जक शक्तीचें कोष्टक खाली दिलें आहे.

पदार्थ.	१००° वा उष्णमाना- च्या पदार्थापासून आले- ल्या किरणांचें शोषण.	१००° वा उष्णमाना- च्या पदार्थापासून विसर्जन.	पदार्थ.	१००° वा उष्णमाना- च्या पदार्थापासून आले- ल्या किरणांचें शोषण.	१००° वा उष्णमाना- च्या पदार्थापासून विसर्जन.
काजळ .....	१००	१००	लाख .....	७२	७२
सफेता .....	१००	१००	धातु (सरास-		
कांच .....	१००	१००	री) .....	१३	१२
शाई .....	८५	८५	सैधव .....	७	.....

२६६. वायूंची शोषक व विसर्जक शक्ति—निरनिराळ्या वायूंची शोषक शक्ति कशी असते हें काढिल्यावर टिंडाल यानें त्यांच्या विसर्जक शक्ति काढिल्या. नळी-  
च्या आकाराच्या वनसेनच्या दिव्याच्या नळीतून निरनिराळ्या वायूस लालभट्टक

अशा लोखंडी गोळ्यावर सोडून त्यांचा उष्ण झालेला स्तंभ वर जाऊं दिला; या स्तंभा-पुढें उष्णमाला ठेवून प्रत्येकापासून उष्णतेचें विसर्जन कसें झालें तें त्यानें पाहिलें. पाण्याच्या वाफेनें  $100^{\circ}$  सा उष्णमानावर ठेविलेल्या छोट्या नळीतून वायूस सोडूनही ते प्रयोग करितां येतील.

प्रयोग—F हा नळीच्या आकाराचा खानिज कोळशाचा धूर जाळण्याचा दिवा आहे, याच्या तोंडावर B हा उष्ण केलेला गोळा आहे. P या नळीनें निरनिराळे वायु उभ्या F नळीत सोडितां येतात.  $\theta$  ती उष्णताजन्यविद्युन्माला आहे. S हा



### आकृति १३१ वी.

जिल्हईदार धातूच्या पत्र्याचा पडदा गोळ्याच्या आड आहे व त्यामुळे त्याची उष्णता मालेकडे जात नाही. प्रथमतः P नळीत शुष्क हवा जोरानें सोडिली आणि नंतर तेल (आलीफिअंट) वायु सोडिला, तर तेल वायूच्या वेळीं विद्युन्मापकाचा काटा फार वळतो. परंतु हवा सोडिल्यावेळीं मुळीच वळत नाही.

आरकोष्णमानाहून कमी उष्णमान असतां खालील कोष्टकांत दिल्याप्रमाणें विसर्जक शक्ति असतात.

वायु.	विसर्जक शक्ति.	शोषक शक्ति.
हवा ... ..	फारसूक्ष्म	फारसूक्ष्म.
आक्सिजन ... ..	"	"
नैत्रोजन ... ..	"	"
हैड्रोजन ... ..	"	"
कार्बोनिक आक्साइड ... ..	१२	१८
कार्बोनिक आसिड ... ..	१८	२५
नेत्रस आक्साइड ... ..	२९	४४
तेल ( आलीफिअंट ) वायु ... ..	५३	६१

प्रयोग करण्याची वरील स्थूल रीति असल्यामुळे अर्थात विसर्जक परिणामही स्थूल आहेत. तथापि यावरून एवढें साधारणपणें स्थापित झालें कीं वायूची घटना

झालेल्या किरणांशीं वर्तन—असे आपल्या अनुभवास आले आहे की पदार्थावरून केलेले म्हणजे ज्या प्रकारच्या किरणांस शोषण करण्याची पदार्थाच्या आर्गी शक्ति असते त्याच प्रकारचे म्हणजे त्याच लांबीच्या लहरींचे किरण, त्यास उष्ण केल्यावर, त्यापासून विसर्जित होतात.

यास्तव असे स्वाभाविक दिसते की, विवक्षित पदार्थ, त्याच जातीच्या दुसऱ्या उष्ण केलेल्या पदार्थापासून विसर्जित झालेल्या किरणांस विशेषकरून जास्त शोषण करील. प्रत्यक्ष प्रयोगावरून अशीच गोष्ट अनुभवास येते.

उदाहरण (१)—हैद्रोजनवायु हवेत जळत असता त्याच्या ड्योतीपासून जी उष्णता विसर्जित होते तिला पाण्याची वाफ फार शोषण करिते. हैद्रोजन वायु हवेत जळतो तेव्हा पाणी बनते; ह्यापून हैद्रोजनाच्या ड्योतीपासून जी उष्णता विसर्जित होते ती सर्व या उष्ण झालेल्या पाण्याच्या वाफेपासून निघालेली असते.

उदाहरण (२)—पृथग्भूत किरणाच्या दृश्य किरणाविषयी अनेक असली उदाहरणे देता येतील. सोडिअम धातूच्या फार उष्ण झालेल्या वाफेपासून निघालेल्या चकचकीत पिवळ्या प्रकाशास कमी उष्णमानावर असलेली व फारसा प्रकाश जोपासून पडत नाही अशी सोडिअम धातूची वाफ शोषण करिते.

प्रयोग—बॅनसेनच्या दिव्याच्या ड्योतीत प्लाटिनमधातूच्या तारेच्या रोंकावर सोडिअम कार्बोनेट (पापडखार) याचा मणी बनविला म्हणजे त्यापासून सोडिअमच्या वाफेचा पिवळा प्रकाश पडतो. त्यापुढे मद्याकीच्या दिव्याच्या बातीवर थोडा पापडखार घालून ती ड्योत धरावी. या ड्योतीपासून फार प्रकाश पडणार नाही. परंतु ती पाहिल्या ड्योतीच्या चकचकीत प्रकाशास शोषण करील.

पृथग्भूत किरणानें पदार्थाचें पृथक्करण करण्याची जी रीति आहे तिचें अध्ययन करितांना या विषयाची चांगली माहिती करून घेतां येते. त्या रीतीचें विवेचन प्रकाशशास्त्रांत चांगलें केलेले असतें, व तो विषय प्रकाशशास्त्राचाच आहे.

२६८. पदार्थांतून पार जातांना किरणांचें संशोधन—जो पदार्थ विशेष लांबीच्या लहरीच्या किरणांस शोषण करितो अशा पदार्थांतून मिश्र किरणांचा समुदाय गेला म्हणजे सकृद्दर्शनी डोळ्यांस कांहीं फरक दिसणार नाही. परंतु एकांतून पार आलेले किरण तसल्याच दुसऱ्या पदार्थांतून जाऊ लागले ह्याजें त्याचें वर्तन अगदीं भिन्न घडतें असे अनुभवास येईल.

उदाहरणार्थ, पाण्यांतून किरणसमुदाय गेला ह्याजें पाणी प्रकाशहीन अशा बहुतेक किरणांस शोषण करितें. परंतु पाण्यांतून बाहेर पडलेल्या किरणांत दुसऱ्या पाण्याच्या थरांनें शोषण करण्याजोगे फारच थोडे किरण असतात.

म्हणून कांच, पाणी, वगैरे अनेक पदार्थांतून भिन्नभिन्न जातीच्या किरणांच्या समुदायास जाऊ दिले झणजे दरवेळीं त्यांचें शोषण झाल्यामुळे पुढें पुढें त्या किरणांत कमी कमी फरक होत जाऊन अखेरीस तसल्या दुसऱ्या पदार्थांतून जशाचे तसे ते पार जाऊ लागतात. परंतु जेव्हां सर्व किरण एकाच जातीचे असतात, तेव्हां सारख्या जाडीचा प्रत्येक पदार्थ त्यावर पडलेल्या किरणांचा सारखाच अंश शोषण करितो.

**प्रयोग—**सैधवांतून प्रकाशहीन व प्रकाशमान असे दोन्ही जातीचे किरण बहुतेक जशाचे तसे पार जातात; परंतु पाण्यांतून किंवा बर्फांतून प्रकाशमान किरण मात्र पार जातात; आणि सर्व प्रकाशहीन किरण शोषले जातात. याकरितां विद्युत्प्रकाशाची किरणछटा सैधवाच्या लेन्सांतून पार जाऊ दिली, तर तिच्या आर्गी बर्फास वितळविण्याची शक्ति असते. परंतु तीच किंवा त्याहून जोराची सूर्यकिरणांची छटा पाण्यांतून किंवा बर्फांतून जाऊ दिली, तर सर्व प्रकाशहीन किरण शोषले गेल्यामुळे तिच्या आर्गी बर्फ वितळविण्याची शक्ति राहत नाही.

**२६९. किरणांचें रूपांतर.**—कित्येक पदार्थांवर साधारण प्रकाश पडला म्हणजे एका चमत्कारिक अशा जमिळ्या व कधी कधी हिरवट रंगाची झाक मारते, असे अनुभवास येतें. किनाइनच्या सल्फेटाचा द्रव (म्हणजे जें कोइनेल आपण तापावर घेतो त्याचा द्रव) याच्या आर्गी हा धर्म विशेष असतो. यावरून असे दिसतें कीं त्यावर जे किरण पडतात त्यांचा जमिळा भाग जणू काय महकृत होतो; म्हणजे त्याची झाक वाढते.

वास्तविक काय प्रकार घडतो तो ग्रॅफेसर स्टोक यानें शोधून काढिला. मार्गे असे सांगितलें कीं पृथग्भूत किरणांच्या जमिळ्या भागाच्या पलीकडे किरणांचा बराच समुदाय असतो व तो अगदीं अदृश्य असतो. कारण हे किरण इतक्या आखूळ लहरींचे असतात कीं त्यांचा जोळ्यावर काहीं परिणाम घडत नाही. परंतु यांच्या आर्गी तीव्र रासायनिक धर्म असतात. हे किरण वर सांगितल्या तऱ्हेच्या पदार्थांवर पडतात, तेव्हां ते शोषले जातात; आणि पूर्वीच्याहून जास्त लांब लहरीचे असे दृश्य जांभळे किरण टाकण्याचा धर्म पदार्थाच्या आर्गी येतो.

यास्तव याविषयी आपणास असे म्हणतां येईल कीं अशा पदार्थांच्या योगानें अदृश्य अशा जमिळ्या किरणांचें दृश्य व कमी वक्रीभवन पावणाऱ्या अशा जमिळ्या किरणांमध्ये रूपांतर होतें. अशा पदार्थांस इंग्रजीत स्फोरेसंट पदार्थ असे म्हणतात.

**प्रयोग (१)**—किनाइनच्या सल्फेटाच्या द्रवानें वरील गोष्ट सहज दाखवितां येते.

**प्रयोग (२)**—प्रथम पडद्यावर पृथग्भूत किरण पाडवा नंतर पडदा किनाइन सल्फेटाच्या द्रवानें धुवावा. झणजे प्रकाशहीन किरणांचा प्रदेश जमिळ्या प्रकाशानें चमकू लागतो.

अदृश्य व प्रकाशहीन किरण बऱ्याच तीव्रतेचे असले, झणजे याच रीतीनें बहुतेक सर्व घनपदार्थांच्या योगानें त्यांचें रूपांतर होऊन कमी लांबीच्या लहरींचे दृश्य आणि जास्त वक्रीभवन पावणारे असे किरण बनतात.

**प्रयोग—**आयोडीन याच्या फार अपारदर्शक अशा द्रवानें एक पोकळ लेन्स

भरून त्याच्या योगानें विद्युत्प्रकाशाच्या किरणांतील प्रकाशहीन किरणांचें अदृश्य अशा केंद्रांत एकीकरण करावें. नंतर या केंद्रांत लांकडी कोळसा किंवा दुसरा कोणता तरी शोषक पदार्थ भरिला तर त्यापासून लवकर लाल किंवा शुभ्र प्रकाश पडूं लागेल.

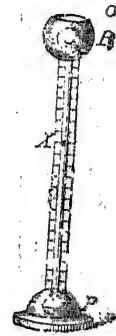
यावरून जरी तो पदार्थ (कोळसा वगैरे) दीर्घ अशा प्रकाशहीन किरणांनीच उष्ण झाला तरी त्यापासून सर्व प्रकारचे किरण निघाले. या चमत्कारास क्यलारिसेन्स असें द्याणतात.

**प्रयोग (२)**—पाण्याच्या थरांतून सूर्यप्रकाशाचा किरण जाऊं दिला म्हणजे त्यांतील सर्व प्रकाशहीन किरण शोषले जातील. तथापि तसला संशोधित किरण कोळशावर पडला तर कोळसा उष्ण होतो, आणि त्यापासून प्रकाशहीन असे उष्णतेचे किरण निघतात. हें वरच्या उलट रूपांतर घडतें.

२७०. कांचेच्या घरांचें कार्य—याचप्रमाणें हवेंतील पाण्याची वाफ व कांच सूर्य प्रकाशाच्या किरणांतील प्रकाशहीन उष्णतेच्या किरणांस शोषण करितात. परंतु जे लाल व पिवळे किरण कांचेच्या घराच्या आंतील जमिनीवर पडतात त्यांचें प्रकाशहीन अशा उष्ण किरणांमध्ये रूपांतर होतें. म्हणून त्यांस कांच शोषण करिते व बाहेर जाऊं देत नाहीं. ह्यापून कांचेच्या घराचा सूर्याचे किरण धरण्यास पाशासारखा किंवा सांपळ्यासारखा उपयोग होतो. कांच प्रकाशमान किरणांस आंत सोडिते. परंतु त्यांस जमिनीनें शोषण केल्यावर त्यांचें प्रकाशहीन किरणांमध्ये रूपांतर होतें. यामुळे त्यांस बाहेर जाऊं देत नाहीं. यामुळे शीत कटिवंधांत या रीतीनें कांचेच्या घरांत उष्णतेचा संचय करून उष्णदेशांतील झाडें वाढवितात.

### पृथ्वी आणि सूर्य यांपासून किरणविसर्जन. दहिंवर.

२७१. लेस्लीचें आकाशमापक (इन्डिआस्कोप)—पृथ्वीपासून अवकाशांत नेहमी उष्णता विसर्जित होते, व तिला सूर्य, दग इत्यादिकांपासून उष्णता मिळत असते. हा विनिमय आकाशमापक यंत्रानें स्पष्ट दिसतो. O आणि P हे दोन हवा असलेले फुगे एका लांब नळीनें जोडलेले आहेत. या नळींत X हा द्रवाचा लहान दर्शक आहे, व बाहेर एक लांकडी मानपट्टी आहे. तिजवरून तो दर्शक वर खाली किती सरला, हें समजतें. (आ. १३२ पहा). खालील P फुग्या भोंवतीं चक्रचक्रीत व जिल्हईदार धातूचें आच्छादन आहे, आणि यामुळे त्याचें उष्णमान नेहमी हवेच्या उष्णमानाइतकें राहतें. दुसरा फुगा काळा केलेला असून तो वरच्या वाजूस आकाशाकडे असतो; आणि पृथ्वीपासून जी उष्णता विसर्जित होते, तिचें कार्य फुग्यावर होऊं नये, ह्यापून त्याच्या सर्भोवतीं माथ्यावर उघडा असा धातूच्या पत्र्याचा B फुगा असतो.



आ. १३२ बी.

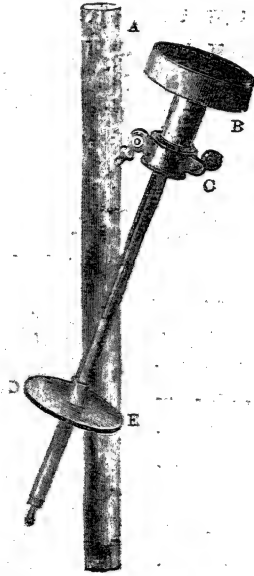
खालचा P फुगा हवेच्या उष्णमानावर कायम राहतो, आणि वरचा O फुगा आ-

क्राशाकडे उष्णता विसर्जित करितो व त्यापासून शोषणही करितो. जेव्हा त्यावरून एखादा दग जातो, तेव्हा O फुग्यास जास्त उष्णता मिळते आणि तेथे करून त्यातील दग प्रसरण पावल्यामुळे मधल्या नळीतील X दर्शक खाली जातो. जेव्हा आकाश निरभ्र व स्वच्छ असते, तेव्हा त्यास कमी उष्णता मिळते, आणि जी उष्णता मिळते, त्यातून जास्त उष्णता विसर्जित झाल्यामुळे O फुगा उीत होतो, आणि X दर्शक चढतो.

कित्येक वेळां असे घडते की, जरी दोन्ही दिवशीं आकाश दिसण्यांत सारखेच येऊन दिसले तरी या यंत्रावरून जास्त किंवा कमी प्रमाणाने अदृश्य अशी पाण्याची वाफ हवेत असल्याचे स्पष्टपणे या यंत्राने समजून येते.

३३२. सूर्याची उष्णता मापण्याचे यंत्र — (पिन्हेलियामेटर) सूर्यापासून दर सेकंदास जी उष्णता मिळते, ती मापण्याकरिता खाली वर्णन केलेले यंत्र पोलिडे याने शोधून काढिले. (आ. १३३ पहा).

याच यंत्रा पंचपात्राच्या आकाराचा फार पातळ अशा तांब्याच्या पत्र्याचा केलेला (आकृतीत दाखविल्या सारखा) AB हा उबा असतो. याचा वरचा भाग काजळाने मढविलेला असतो, आणि तळाच्या मध्यांत C नळी बसविलेली असते. A B उब्यांत पाणी असून C नळीतून त्यांत एक उष्णमापक बसविले आहे. उष्णमापकाचा फुगा पाण्यांत बुडालेला असून त्याची नळी बाहेर आलेली आहे. फुग्यावरील नळीवर दुसरी एक नळी बसविलेली आहे, व तिला एक फट असून तिजमधून उष्णमापकाचे अंश पाहता येतात. C नळीच्या खालच्या बाजूस A B उब्याच्या आकाराचा D E बुलंडाकार पत्रा असा बसविलेला आहे की, A B आणि D E परस्पर समांतर असून त्यांस जोडणाऱ्या C नळीशी काटकोनाकार आहेत. D E नळीचा असा उपयोग होतो की, A B उबा थेट सूर्याकडे बघविलेला आहे, किंवा नाही हे त्याची जी सावली बरोबर D E वर पडते, त्यावरून समजते. A B उब्यातील पाणी आणि त्यातील उष्णमापक या दोहोंचा उष्णतामापकाप्रमाणे उपयोग होतो.



आ. १३३ वी.

हे यंत्र घेऊन खाली लिहिल्याप्रमाणे प्रयोग करिता येतो.

(१) सारे यंत्र पत्र्याच्या आच्छादनाखाली ठेवते, म्हणजे आच्छादनाखालच्या हवेचे जो उष्णमान असले, तेच A B उब्यातील पाण्याचे होते. यास हवेचे उष्णमान असे म्हणू.



(२) सूर्याचे ऊन न पडू देतां A B उब्यास स्वच्छ आकाशाकडे फिरवून पांच मिनिटें सावलीत ठेवावे; आणि विसर्जनानें किती उष्णमान उतरतें, तें पाहावे. तें  $उ_१^०$  उतरलें असें समजू.

(३) नंतर उबा थेट सूर्याकडे फिरवून ५ मिनिटांत किती अंश उष्णमान चढतें, तें पाहावे; तें  $स^०$  चढलें असें समजू.

(४) नंतर पुनः सूर्याआड पत्रा भरून स्वच्छ आकाशाकडे पांच मिनिटें उबा फिरवावा, आणि उष्णमान किती उतरतें हे पाहावे. तें  $उ_२^०$  उतरलें असें समजू.

या प्रयोगांपासून अनुमान—जेव्हां सूर्याकडे उबा फिरविला होता, तेव्हां यंत्राचें उष्णमान चढत होतें. परंतु त्या वेळीं विसर्जनानें काहीं उष्णमान उतरतही होतें. या वेळीं एकंदर उष्णमान किती उतरलें, तें प्रयोग २ आणि ४ या दोहोंत जें उष्णमान उतरलें असेल, त्याच्या सरासरी बरोबर आहे, असें म्हटलें असतां चालेल. याचा अर्थ असा कीं, सूर्यापासून ५ मिनिटेंपर्यंत उष्णता यंत्रास मिळत मात्र असून काहीं विसर्जनानें जात नव्हती, असें जर आपण समजलों, तर सूर्याच्या उष्णतेनें उष्णमान चढलें आहे, त्याहून  $\frac{उ_१+उ_२}{२}$  इतकें उष्णमान जास्त चढलें असतें. म्हणून सूर्याकडे उबा फिरविल्यामुळे ५ मिनिटांत जें उष्णमान चढलें, हें वास्तविक खाली दिल्याइतकें होतें.—

$$[स + \frac{उ_१+उ_२}{२}] \text{ अंश}$$

आतां जी उष्णता उब्यावर पडते, तितकी सर्व त्यास लाविलेलें काजळ शोषण करितें. ज्या उब्यांत पाणी आहे, त्या उब्याचें द्रव्य ही उष्णता शोषण करितें, व त्याचेंही उष्णमान त्यांतील पाण्याइतकेंच चढतें. यांत जी उष्णता खर्च होते, त्या उष्णतेनें किती पाण्याचें उष्णमान तितकें चढेल, हें पाहून तेंही पाणी उब्यांतील पाण्यांत मिळविलें पाहिजे म्हणजे सूर्यापासून एकंदर उष्णता किती मिळाली, हें समजेल. उब्यांतील पाणी व उब्याच्या बगैरे द्रव्याच्या बरोबरीचें पाणी अर्शा दोन्ही मिळून प समजल्यास ५ मिनिटांत सूर्यापासून मिळालेली जी एकंदर उष्णता विवक्षित क्षेत्रानें शोषण केली, ती खाली दिल्याइतकी होईल.

$$प + [स + \frac{उ_१+उ_२}{२}] \text{ अंश}$$

सूर्यापासून पृथ्वीस मिळालेली एकंदर उष्णता—अशा तऱ्हेचे प्रयोग करून फोइलेट यानें असा हिशोब केला आहे कीं, एका वर्षांत पृथ्वीस जी सूर्यापासून उष्णता मिळते, त्या उष्णतेनें सर्व पृथ्वीवर ३० मात्रां द्वयजे सुमारे १०० फूट जाडीचा बर्फाचा थर असल्यास वितळेल.

२७३. दहिंवर—पृथ्वीवर दहिंवर कसें पडतें, याचें स्पष्टीकरण विसर्जनानें होतें. दहिंवर पडण्याच्या संबंधानें खालील गोष्टी अनुभववास येतात.



- (१) ज्या रात्री आकाश स्वच्छ व निरभ्र असतें, त्या रात्रीं दहिंवर फार पडतें.
- (२) ज्या जागा आच्छादलेल्या नसून उघड्या असतात, त्यांवर दहिंवर फार पडतें.
- (३) जेव्हां वारा नसतो, तेव्हां दहिंवर फार पडतें.
- (४) उंच झाडांवर दहिंवर न पडतां ठेंगण्या झाडांवर व जमिनीवर फार पडतें.
- (५) गवत, लोंकर व दुसरे अवाहक पदार्थ यांवर दहिंवर पडतें, परंतु शीघ्र वाहकांवर पडत नाही.

डाक्टर वेल्स यानें याविषयीं अनेक प्रयोग केले. त्यानें निरनिराळ्या स्थितींत पिंजलेला कापूस ठेवून त्यावर देव कसा पडतो तें पाहिलें. झाडांखालीं, उघड्या जागीं, उंच ठिकाणीं, खोल जागीं असा कापूस ठेवून त्याचें पूर्वीं व मागून वजन करून निरनिराळ्या स्थितींत कसा देव पडला त्याची तुलना केली. त्यावरून त्यानें असें अनुमान काढिलें कीं विसर्जनानें पृथ्वीचा पृष्ठभाग शीत होणें हेंच देव पडण्यास मुख्य कारण असतें. रेंणेंकरून त्या पृष्ठभागावरची त्यास लागून असलेली हवा शीत होऊन तिचें उष्णमान देव पडण्याच्या उष्णमानाहून कमी होतें. आणि तसें झाल्यावर हवेंतील वाफ थिजून देव पडतें. यास्तव ज्या कारणांनें पृथ्वीच्या शीत होण्यास, व त्यामुळे त्यावरच्या हवेच्या शीत होण्यास अडथळा येतो त्याच कारणांनें देव पडण्यासही अडथळा होतो. देव पडण्यास अनुकूल अशा ज्या गोष्टीं वर सांगितल्या त्यांचीं कारणें अशीं देता येतात.

- (१) रात्री आकाश स्वच्छ व निरभ्र असलें म्हणजे विसर्जन अवाधित चालून पृष्ठभाग फार शीत होतो, परंतु दग असले म्हणजे त्यांपासून उलट विसर्जन होऊन पृष्ठभाग कमी शीत होतो.
- (२) झाडांखालीं व दुसऱ्या आच्छादनाखालीं विसर्जनानें उष्णता आल्यामुळे शीत होण्यास प्रतिबंध होतो.
- (३) पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरच्या हवेंत वाऱ्यानें वरचेवर जलद फेरबदल होत असल्यानें कोणतीच हवा व्हावी तितकी शीत होत नाही.
- (४) उंच झाडांवरील हवा शीत होतांच जड होऊन खालीं उतरते, व खालची उष्ण व ताजी हवा वर जाते. झणून तेथील हवा व्हावी तितकी शीत होत नाही.
- (५) वाहक पदार्थांनें जमिनींतील उष्णता हवेस पोचते, व यामुळे शीत होण्यास प्रतिबंध होतो.

### विसर्जनावर प्रश्न.

(१) सूर्याच्या किरणांचें केंद्रांत एकीकरण करण्यास वर्फासन वितळूं देता त्याच्या लेन्साचा कसा उपयोग करितां येईल ?

(२) हवेंतील पाण्याच्या वाफेचे जे आपणास महत्वाचे उपयोग होतात त्यांपैकी कित्येकांचें वर्णन कर.

(३) न्युटन याचा सिद्धांत खरा आहे असें समजून पुढील उदाहरण सोडवा:—

एका खोलीचें उष्णमान  $६०^{\circ}$  फा. आहे. याच खोलींत  $१८०^{\circ}$  फा. उष्णमानावर असलेलें उष्णमापक ठेविलें तें एका मिनिटानें  $१४०^{\circ}$  फा. वर उतरलें. तर आणखी एका मिनिटानें त्याचें उष्णमान काय होईल ?

(४) जाड अशा कचिच्या भांड्यांत आयोडिनाचा द्रव आहे. त्यावर सूर्याचा किरण पडला तर त्यावर द्रवाचा काय परिणाम होईल ?

(५) उष्ण केलेली शुष्क व आर्द्र हवा यांपासून अप्रतिबंधक विसर्जन चाललें आहे. दोहोंपासून काय परिणाम घडतील तें सकारण सांगा.

(६) युरेनस हा तारा पृथ्वीपासून इतका अविशय लांब आहे कीं तो सूर्यावरील मनुष्यास आपणास गुरू दिसतो तितका मोठा दिसतो. तर त्यावरील वातावरण कोणत्या जातीचें असावें व त्या नात्याचा दृष्टभाग कोणत्या प्रकाराचा असावा म्हणजे त्यावर अत्यंत थंडी पडणार नाही.

(७) चंद्रावर वातावरण नाही. याकरितां तेथील दरमाही उष्णमानावर याचा काय परिणाम घडेल ?

(८) वायूच्या योगानें जो पृथग्भूत किरण बनतो त्यांत चकचकीत रेषा असून त्यांमध्ये रंगहीन अवकाश असतात. वायूच्या अणूंस जी गति असते तिच्या संबंधानें याचा अर्थ काय तें सांग.

(९) वायु फार संकुचित असला झणजे त्याच्या योगानें सलग पृथग्भूत किरण उत्पन्न होती. याचें कारण काय व हें आपणास कशावरून ताडितां आलें असतें ?

(१०) खोलीच्या एका वाजूस पिआनो आहे. मध्यभागावर आडव्या ताणलेल्या तारा आहेत व त्यांपलीकडे श्रोते आहेत. असे अनुभवास येतें कीं या तारा कित्येक ध्वनींस अखंड पुढें जाऊं देतात आणि कित्येक ध्वनींस अंशतः शोषण करितात. त्यांस छेडिलें असतां असें आढळतें कीं ज्या ध्वनीस त्या शोषण करीत तेच ध्वनि त्यांपासून निघतात.

यांत आणि उष्णता व प्रकाश यांचें विसर्जन यांत काय साम्य आहे ?

(११) उंचप्रदेशां हवा थंड कां असते ?

(१२) उंच पर्वताच्या शिखरावर उन्हांत गेलें असतां आंग भाजून फोड येतात. परंतु सावलीस, अगर घरांत गेलें असतां पाण्यास थिजविण्याइतकी थंडी असते. याचें कारण काय ?

(१३) एक कुगा काळा केलेले भेदोष्णमापक थंड व अंधार असलेल्या खोलीतून उन्हांत नेले. तर त्यावर कसा परिणाम घडेल?

उन्हांत स्थिर झाल्यावर पुनः थंड खोलीत नेले; तर काय होईल; उच्चरें देताना कारण सांगा.

(१४) परावर्तित प्रकाशाने धूर व धुकें दोन्ही निळी दिसतात. परंतु पार गेल्या प्रकाशाने लाल दिसतात. याचें कारण काय?

(१५) पाराफीनच्या प्रकाशापेक्षां विद्युत्प्रकाश धुक्यांतून थोडा शिरतो. हें खरें असेल तर याचें कारण काय?

(१६) पाण्याची वाफ अगदी उष्णताभेद्य नाही. वनसेनच्या दिव्याच्या ज्योतीपासून जें विसर्जन होतें तें पाण्याच्या वाफेंतून पार जात नाही. याचें कारण काय?

(१७) फ्रांकलिन याणें उन्हांत बर्फ ठेवून त्यावर निरनिराळ्या रंगाचे कपडे घातले, आणि जे बर्फांत जास्त खोल गेले ते चांगले शोषक असें त्यानें अनुमान काढिले. त्यावरून काळ्या रंगाचे कपडे सर्वांत खोल गेले असें त्यास आढळले.

हें सर्वदा खरें असूं शकत नाही याचें कारण काय?

(१८) ज्या दिवशी हवा शुष्क असते त्या दिवसापेक्षां ज्या दिवशी हवा फार आर्द्र असते त्या दिवशी किंवा प्रयोग कांचेच्या घरांत केला असतां वरील परिणाम जास्त ठळक रीतीनें घडतात याचें कारण काय?

(१९) दगडी कोळसे शुभ्रोष्णमानावर असतां त्यांत एक हिरव्या कांचेचा तुकडा टाकिला तर कांच कोळशासारखी शुभ्रोष्ण दिसते. याचें कारण सांग आणि कलम २६५ उदाहरण ३ यांत सांगितलेल्या गोष्टीशीं हा परिणाम विरुद्ध नाही हेंही स्पष्ट कर.

## प्रकरण १३.

### उष्णतेविषयीं यांत्रिक किंवा गतिविशिष्ट कल्पना, इत्यादि.

२७३. उष्णता आणि काम यांमधील संबंध—उष्णतेविषयीं माहीत असलेल्या सर्व गोष्टींचें ज्या कल्पनेनें स्पष्टीकरण करितां येतें, आणि प्रयोगद्वारा ज्यांची सत्यता स्थापित करितां येते अशीं अनुमानें ज्या कल्पनेपासून पुष्कळ निघतात, अशी जी उष्णतेच्या स्वरूपाविषयीं कल्पना तिजविषयीं आपण प्रकरण १ यांत थोडासा विचार केला. तेथे आढी असें म्हटलें ( व असें द्वाणण्यास काहीं कारणेही दिलीं. ) कीं उष्णतेविषयीं प्रतिपाद्य कल्पना अशी आहे कीं, उष्णता पदार्थ नसून केवळ स्थिति आहे. पदार्थास उष्ण केलें म्हणजे त्यांत आपण काहीं नवीन घालीत नाहीं, पण त्याच्या अणूंस गति मात्र देतो.

रॅफोर्ड आणि डेव्ही यांनीं असें दाखविलें कीं, केवळ कामाचा व्यय झाला कीं उष्णता प्राप्त होते.

आणि अगदीं भलीकडच्या काळांत असें अनुभवास आलें आहे कीं, उष्णता खर्च करून किंवा तिचा व्यय करून काम करून घेतां येतें.

उष्णता आणि काम यांमध्ये एक प्रकारचा संबंध आहे. आणि हा संबंध किती निकट आहे, हें पुढें स्पष्ट केलें आहे.

ज्यांस गतिशास्त्राची माहिती नाहीं, अशा वाचकांकरितां प्रेरणा, काम, आणि कर्तृत्वशक्ति या शब्दांचे अर्थ प्रथम सांगणें जरूर आहे.

२७५. प्रेरणेचा ( किंवा जोराचा ) अर्थ आणि तिचें मापन.—यंत्रशास्त्रांत प्रेरणा या शब्दाचा जो साधारणपणें अर्थ समजतात, त्याची कल्पना वाचकांस बरीच आहे, असें आम्ही समजतो. पाणीदार पोलादी कमान वांकविली तर ती काहीं जोरानें म्हणजे प्रेरणेनें उलगडते. वाफेच्या यंत्राच्या तापकांत वाफ प्रत्येक चौरस इंचावर काहीं जोरानें दाबते. परंतु ज्या प्रेरणा किंवा जे जोर गुरुत्वशक्तीपासून उत्पन्न झाले आहेत, त्याविषयींच आपण मुख्यत्वे विचार करूं. एक पौडाचा गोळा काहीं नियमित जोरानें खाली पडतो. त्या जोरास एक पौंड वजन असें आपण नांव देतो. दोन पौंडांचा गोळा याच्या दुप्पट जोरानें किंवा दोन पौंड वजनानें खाली पडतो.

ज्यांस गुरुत्व कारण आहे, अशा प्रेरणांशीं तुलना करून दुसऱ्या प्रेरणा किंवा दुसरे जोर मापण्याची साधारण चाल आहे. जसें—कमान काहीं जोरानें वांकविली आणि तिला जर दोन पौंडांच्या जोरानें त्या स्थितींत बरोबर धरिलें, तर वांकविलेल्या कामाची जोर २ पौंड वजनावरोबर आहे, असें आपणास म्हणतां येईल.

तसेंच प्रत्येक चौरस इंचावर अमुक पौंडाच्या वजनाचा दाब वाफेपासून पडत आहे, असें वाफेविषयीं ह्मणतात. वजन हा शब्द पुष्कळ वेळां गाळतात, आणि दोन पौंडांची प्रेरणा किंवा प्रत्येक चौरस इंचावर २ पौंडांचा दाब असेंच थोडक्यांत म्हणतात.

सारांश या प्रकरणांत एक पौंड वजन हें जोर किंवा प्रेरणा मापण्याचें एक प्रमाण आहे असें समजूं.

टीप—इया वाचकांस यंत्रशास्त्र भवगत आहे, त्यांस माहीत आहे कीं, हें प्रमाण प्रेरणेच्या स्वतंत्र प्रमाणाच्या ग पट आहे. यांत ग अक्षर इया स्थळाचा विचार करीत आहों, त्या स्थळाची गुरुत्वदर्शक शक्ति आहे. तसेंच हेंही त्यांच्या लक्षांत येईल कीं, निरनिराळ्या स्थळां ग ची किंमत आणि तसेंच एक पौंड गोंळ्याचें वजन किंचित् बदलत असतें. त्याविषयीं आम्ही मनांत आणिलें नाहीं. कारण आम्ही शास्त्रीय प्रमाणांचा उपयोग करीत नसून केवळ शिल्पकारांच्या नित्य व्यवहारांतल्या प्रमाणांचा उपयोग करीत आहों.

२७६. काम याचा अर्थ व त्याचें मापन.—असें समजा कीं एका बिंदूवर एक प्रेरणा कार्य करीत आहे, आणि तेथून त्या प्रेरणेच्या दिशेच्या विरुद्ध तो बिंदु दुसऱ्या शक्तीनें मार्गे सरला आहे. तर इया बाह्य शक्तीनें हें घडून आलें म्हणजे बिंदूस मार्गे सारिलें, ती शक्ति त्या बिंदूवर काम करीत आहे, असें ह्मणतात. जेव्हां आपण कमान वांकवितों, किंवा खालून वाफ वर दाबीत असतां त्या दाबाविरुद्ध दड्यास खालीं सारितों, किंवा गुरुत्वाच्या व्यापाराविरुद्ध जेव्हां आपण वजन वर उचलितों, तेव्हां आपण काम करितों.

इयाप्रमाणें सर्व प्रेरणा मापण्यास पौंड वजन प्रमाणभूत कल्पिलें आहे त्याचप्रमाणें कमानीच्या शक्तीविरुद्ध किंवा वाफेच्या दाबाविरुद्ध, किंवा दुसऱ्या कोणत्याही प्रेरणेच्या किंवा जोराच्या विरुद्ध केलेलें सर्व काम मापण्यास गुरुत्वशक्तीच्या विरुद्ध विवक्षित पौंडांचें वजन विवक्षित उंचीवर उचलण्यांत जें काम होतें तें प्रमाणभूत घेऊं; आणि गुरुत्वाच्या व्यापाराविरुद्ध एक पौंडाचें वजन एक फूट अंतरासमूह वर उचलण्यांत जें काम होतें, तें काम मापण्यास एक प्रमाण धरूं.

कामाच्या या एक प्रमाणास फुटपौंड असें म्हणतात. गुरुत्वाविरुद्ध एक पौंड वजन एक फूट वर उचलिलें असें जेव्हां आपण म्हणतों तेव्हां एक फूट अंतर लंबरेवेंद मोडलेलें असें समजावें. भगदीं साफ व गुळगुळीत अशा टेबलावर क्षितिजपातळींत एका-दें वजन पुढें ढकलिलें, तर आपण ( यांत्रिक ) काम करीत नाहीं. कामाचीं कांहीं उदाहरणें दिलीं म्हणजे त्यावरून येथें जो कामाचा अर्थ दिला, व तें मापण्याची रीति सांगितली, त्याचें स्पष्टीकरण होईल.

### उदाहरणें.

उदाहरण (१) रस्त्यावरून ४० फूट उंचीच्या घराच्या गच्चीवर एक हॅट्ट-वेडाचें वजन चढविलें आहे. तर त्यांत किती काम झालें ?

उत्तर—झालेलें काम =  $११२ \times ४० = ४४८०$  फुट पौंड.

वजन वर चढविण्याच्या वाटेचा उतार कसा होता, व ती वाट किती वाकडीतिकडी होती, याचा विचार करण्याची गरज नाही. उतार कसाही असला, व वाट कशीही वाकडीतिकडी असली, तरी यानें उंचीत फरक पडत नाही. कारण जितक्या लंबोत्तर उंचीतून वजन चढविलें असेल, तिजवर कामाचें परिमाण एकंदरीत अवलंबून असतें. शिडीवरून वजन चढविलें असलें किंवा उतरणीवरून अगर दोरीनें वर ओढून चढविलें असलें तरी उंची कायम असेल तोपर्यंत काम सारखें होईल.

उदाहरण (२) समुद्राच्या पृष्ठभागावर ६०० फूट उंच असलेल्या दरींतून एका हमालानें समुद्राच्या पृष्ठभागावर २००० यार्ड उंचीवर असलेल्या डोंगराच्या शिखरावर २८ पौंडांचें वजन नेलें आहे. तर त्यानें किती काम केलें ?

ड्या लंबोत्तर उंचीतून २८ पौंड वजन हमालानें नेलें आहे, ती उंची ६०००—६०० = ५४०० फूट आहे. ∴ झालें काम = ५४०० × २८ = १,५१,२०० फूट पौंड.

उदाहरण (३) एक कमान ६ इंच अंतरांतून उलगडली आहे. तिचा मूळस्थितीत जाण्याचा जोर आरंभी २ पौंडांचा होता, व अखेरीस ५ पौंडांचा होता. कमानाचा स्थितिस्थापक जोर आरंभापासून शेवटपर्यंत एकसारखा वाढत जात आहे, असें समजलें तर किती काम झालें तें काढ.

येथें अंतर  $\frac{१}{२}$  फूट आहे, आणि सरासरी जोर  $\frac{२+५}{२} = ३\frac{१}{२}$  पौंड वजन आहे :

∴ काम =  $\frac{१}{२} \times ३\frac{१}{२} = २$  फूटपौंड.

उदाहरण (४) दर चौरस इंचावर जिचा दाब ४० पौंड आहे अशी वाफ एक चौरस फूट क्षेत्राच्या दृष्ट्यावर कार्य करीत आहे. जर वाफेच्या दाबावरून  $३\frac{१}{२}$  फूट दृष्ट्या आत सारिला तर किती काम झालें ?

एका चौरस फुटावर म्हणजे १४४ चौरस इंचावर ४० पौंडांचा दाब आहे. म्हणून  $४० \times १४४ = ५७६०$  पौंडांच्या वजनाचें कार्य करणारी एकंदर शक्ति आहे.

∴ काम =  $५७६० \times ३\frac{१}{२} = ९०१६०$  फुट पौंड.

२७६. कर्तृत्वशक्तीचा अर्थ व तिचें मापन—काम याची वर व्याख्या दिली. कर्तृत्वशक्तीची व्याख्या देणें आतां सुलभ आहे. काम करण्याचें जें सामर्थ्य त्यास कर्तृत्वशक्ति किंवा करामत असें झणतात, आणि तिच्या हातून जें काम होईल त्या कामावरून तिला मापितात. काम कसें मापावें हें वर सांगितलें आहे.

सर्व प्रकारच्या कर्तृत्वशक्तीचे दोन वर्ग करण्याची साधारण चाल आहे, व ती सोईची आहे. असा भेद करणें वास्तविक बरोबर आहे किंवा नाही याचा विचार न करितां याच रीतीनें आम्हीही कर्तृत्वशक्तीचे वर्गीकरण करूं.

यास्तव आम्ही कर्तृत्वशक्तीचे दोन वर्ग करितों. (१) स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति किंवा काम करण्याचें सामर्थ्य, आणि (२) गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति किंवा काम करण्याचें सामर्थ्य. पहिलीस संभाव्य कर्तृत्वशक्ति, आणि दुसरीस गत्युत्पादक कर्तृत्वशक्ति अशीं नांवें दिलीं तरी चालेल. या शब्दांचा अर्थ पुढें स्पष्ट करूं.

२७७. **संभाव्य कर्तृत्वशक्ति**—जेव्हा आपण एकादें वजन एका टेंकडीवर चढवितों तेव्हा आपण काम करितों. आतां तें वजन अशा स्थळीं असतें कीं, तें चढविण्यांत जेवढें काम आपण केलें असेल तेवढेंच काम आपणास परत देण्याचें सामर्थ्य त्या स्थानीं असलेल्या वजनाच्या आंगीं असतें. कारण दोरी व कप्पी यांच्या सहाय्यानें तें वजन खालीं येतांना तेवढेंच वजन तितक्या उंचीवर चढूं शकेल. टेंकडीच्या माथ्यावरील त्याच्या स्थानामुळें त्याच्या आंगीं जें काम करण्याचें सामर्थ्य आलें आहे, त्यास स्थानविशिष्ट किंवा संभाव्य कर्तृत्वशक्ति असें झणतात.

जेव्हा आपण कमान वांकवितों तेव्हा आपण काहीं काम करितों; परंतु वांकलेल्या स्थितींत कमानीच्या आंगीं संभाव्य कर्तृत्वशक्ति असते. कारण ती आपलें मुळचें रूप धारण करितांना जेवढें काम आपण तिजवर खर्च केलें असेल, तेवढें ती आपणास परत देऊं शकते. याचप्रमाणें वाफेच्या दाबाविरुद्ध दट्ट्या सारतांना आपण काम करितों, आणि येणेंकरून जेवढें काम केलें आहे, तेवढें आपणास परत देण्याचें सामर्थ्य वाफ आणि दट्ट्या यांच्या आंगीं येतें.

या सर्व गोष्टींत स्थानमाहात्म्यामुळें जें काम होईल, त्यावरून आपण स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति मापितों, किंवा ही स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति उत्पन्न करण्यास जें काम आपण खर्च केलें असेल, त्या कामानें मापितों.

**उदाहरण**—एका तळ्यातील २ टन पाण्याच्या आंगीं १० फूट खोल कालव्याच्या संबंधानें किती संभाव्यकर्तृत्वशक्ति आहे ?

तें पाणी खालीं उतरतांना जें काम करूं शकेल, त्यावरून ही शक्ति मापणें झाल्यास जी कर्तृत्वशक्ति तिच्या आंगीं असेल, ती  $४,४८० \times १० = ४४,८००$  फूट-पौंड असेल.

“एका विशेष पातळीच्या संबंधानें किती कर्तृत्वशक्ति आहे,” असें म्हणणें आपणास भाग पडेल. वास्तविक गोष्ट अशी आहे कीं, दोन विवक्षित स्थानांमध्ये स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति विवक्षित पदार्थांच्या आंगीं किती आली किंवा त्यांतून किती गेली याचा विचार आपणास करावयाचा असतो. एकंदर स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्तीचा स्वतंत्रपणें विचार कर्तव्य नसतो.

२७८. **गल्युत्पादक कर्तृत्वशक्ति**—इया रुळावर घर्षणाचा काहीं प्रतिबंध होत नाही अशा क्षितिजपातळीतील रुळावरून एक गाडी भरधांव जात आहे, अशी कल्पना करा. जर तिला काहीं प्रतिबंध झाला नाही तर त्याच वेगानें अनेक कालपर्यंत ती तशीच जात राहील. परंतु जर तिला मार्गांत चढण लागली तर तिजवर चढतांना तिचा वेग कमी होत जाईल, आणि काहीं उंचीवर गेली म्हणजे ती थांबेल.

आतां गाडीस वजन आहे, आणि तें वजन गुरुत्वाकर्षणाच्याविरुद्ध वर चढलें आहे, म्हणून गाडी वर चढण्यांत काम झालें आहे, हें काम कसें झालें, याविषयी जर विचार केला, तर वर चढण्यापूर्वी जी गाडीच्या आंगीं गति होती, त्या गतीमुळें झालें असें आपणांस समजेल.

झणून गाडीच्या आर्गी तिच्या गतीमुळे कर्तृत्वशक्ति होती, झणजे काम करण्याचे सामर्थ्य होतें. अशा कर्तृत्व शक्तीस गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति असें झणतात. ही कर्तृत्वशक्ति जर आपणास मापणें आहे, तर पूर्वी सांगितल्याप्रमाणें फुटपौंड हें कामाचें प्रमाण धरून ती जें काम करूं शकेल, त्या कामांनें आपणास मापिली पाहिजे.

आतां गतिशास्त्राच्या सिद्धांतावरून असें दाखवितां येईल कीं, गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति, किंवा गतीमुळे असलेली काम करण्याची शक्ति चल पदार्थाचा पिंड आणि तो ज्या वेगानें चलन पावत आहे, त्या वेगाचा वर्ग या दोहोंच्या प्रमाणांत असतो. काम मापण्यास जसें आपण पौंड हें वजनाचें प्रमाण आणि फूट हें अंतराचें प्रमाण हीं प्रमाणें घेतों, त्याचप्रमाणें चल पदार्थाचा पिंड मापण्यास पौंड आणि त्याचा दर सेकंदातील वेग मापण्यास फूट हींच प्रमाणें आपणास घेतलीं पाहिजेत. काल मापण्यास एक सेकंद हें या स्थळीं काळाचें एक प्रमाण घेजें.

तर ज्याचा पिंड म पौंड आहे, व तो दर सेकंदास व फूट वेगानें चलन पावत आहे त्याची गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति जर सर्व काम करण्यांत खर्च झाली असेल, तर ती

मव<sup>२</sup>  
६४.८ फुटपौंडाबरोबर असते असें दाखवितां येईल.

टीप—ज्या वाचकांस यंत्रशास्त्र अवगत आहे, त्यांत माहीत असेल कीं, जर काम स्वतंत्र मापानें मापिलें तर ( प्रेरणेचें स्वतंत्र प्रमाण ) × ( अंतराचें प्रमाण ) याबरोबर कामाचें परिमाण असतें. म्हणून काम =  $\frac{1}{2}$  मव<sup>२</sup>. परंतु आपण फुटपौंड हें कामाचें प्रमाण धरिलें आहे. आणि पौंड वजन हें प्रेरणेच्या स्वतंत्र प्रमाणाच्या ३२.२ पट आहे. म्हणजे आमचें कामाचें प्रमाण कामाच्या स्वतंत्र प्रमाणाच्या ३२-२ पट आहे. म्हणून ज्यापेक्षां  $\frac{1}{2}$  मव<sup>२</sup> हें गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्तीचें स्वतंत्र प्रमाणांत मान किंवा माप आहे, त्यापेक्षां तिचें फुटपौंडांत मान.

$$\frac{\frac{1}{2} \text{ मव}^2}{३२-२} \text{ किंवा } \frac{\text{मव}^2}{६४-४} \text{ होईल}$$

काहीं उदाहरणें देतो म्हणजे गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति फुटपौंडाच्या प्रमाणांत कशी मापितात, हें चांगलें समजेल.

उदाहरण (१)—१० पौंडाचा गोळा दर सेकंदास २० फूट या वेगानें चलन पावत आहे. तर त्याच्या आर्गी गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति किती असेल? म्हणजे किती फुटपौंड काम करण्याचें सामर्थ्य त्याच्या आर्गी असेल?

( गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति ग. क या खुणेनें दर्शवूं. )

$$\text{ग. क.} = \frac{१० \times २०^2}{६४.८} = \frac{४,०००}{६४.८} = ६२.१ \text{ फुटपौंड.}$$

उदाहरण (२)—२ हंड्रेडवेट वजनाची एक गाडी दरसेकंदास ६० फूट या वेगानें



चाळत आहे. जर घर्षणाचा प्रतिबंध होत नाही असे घेतले तर ती गाडी जॅंग-  
रावर किती लंबोत्तर उंचीवर चढेल ?

$$\text{ग. क.} = \frac{m v^2}{\frac{1}{2} g \cdot \frac{1}{2}} = \frac{228 \times 2600}{68.8} \text{ फुटपैड.}$$

जर ज्या लंबोत्तर उंचीवर गाडी चढेल ती उंची क्ष फूट धरिली, तर २२८ पैड वजन क्ष फूट उंच चढविण्यांत २२८ × क्ष इतके फुटपैड काम होईल.

$$\therefore 228 \times \text{क्ष} = \frac{228 \times 2600}{68.8}$$

$$\therefore \text{क्ष} = \frac{2600}{68.8} = \frac{900}{16.1} = 55.9 \text{ फूट.}$$

२७९. कर्तृत्वशक्तीचें नित्यत्व—गतिशास्त्रावरील ग्रंथांत असे दाखविले आहे कीं, जेव्हां घर्षणाच्या स्वरूपाचे प्रतिबंध चलनास होत नसतात, तेव्हां अंतर्गत प्रेरणा-  
शिवाय बाह्य प्रेरणांचें ज्यावर कार्य घडत नाही, अशा पदार्थसमूहाची एकंदर कर्तृत्व-  
शक्ति नित्य समान असते; झणजे कर्तृत्वशक्ति आविनाशी किंवा नित्य आहे. ही कधीं  
स्थानविशिष्ट किंवा गुप्तरूपांत जास्त असेल किंवा कधीं गतिरूपांत किंवा व्यक्तरूपांत  
जास्त असेल; परंतु दोहों रूपांतील कर्तृत्वशक्तींची बेरीज नेहमी समान असते.

उदाहरण (१)—उत्तरीच्या शिखरावर एक दगड असला, तर त्याच्या आर्गी  
स्थानविशिष्ट किंवा गुप्त कर्तृत्वशक्ति आहे. उत्तरीच्या पायाजवळच्या सपाट जमि-  
नीच्या संवेधानेही प आहे असे समजू. घर्षणाशिवाय तो दगड खाली उतरला असे  
कल्पित्यास तळाशी तो आल्यावर त्याच्या आर्गी काहीं वेग येईल; आणि या वेगा-  
मुळे त्याच्या आर्गी काहीं व्यक्त किंवा गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति असेल. ती क आहे  
असे घेऊं. जर प आणि क या दोहोंस फूटपैडेंत मापिले, तर असे दाखवितां  
येईल कीं,  $p = k$ .

उत्तरीवरून खाली आल्यावर विवक्षित स्थळीं दगडाच्या आर्गी  $p_1$  गुप्त शक्ति  
राहिली आणि खाली उतरल्यामुळे  $k_1$  व्यक्तशक्ति त्याच्या आर्गी आली. तर त्या  
द्विकार्णी दगडाची एकंदर कर्तृत्वशक्ति  $p_1 + k_1$  असेल; तसेंच दुसऱ्या स्थळीं एकं-  
दर कर्तृत्वशक्ति  $p_2 + k_2$  असेल.

तर यंत्रशास्त्रानें असे सिद्धकरितां येतें कीं,

$$p = p_1 + k_1 = p_2 + k_2 = k.$$

कोणत्याही स्थानापासून घर्षणरहित अशा दुसऱ्या एका उत्तरीवर एका दगडास  
चढूं दिले तर तो दगड मूळच्या उंचीइतका वरोवर चढूं शकेल. तीर वर मारिला  
तर त्याचीही स्थिति अशीच असते.

उदाहरण (२)—मध्यभागी असलेल्या सूर्यासमोवतीं एक ग्रहमाला फिरत आहे,  
अशी कल्पना करा. या सूर्यग्रहाच्या मंडळांत सर्व निरानिराळे पिंड चलन पावत  
आहेत, म्हणून या मंडळांत जी एकंदर व्यक्त किंवा गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति आहे ती

क असें घेऊं. तसेंच ज्यापेक्षां सर्व तारे सूर्याकडे आकर्षिले जातात, व ते सूर्यापासून काहीं नियत अंतरावर राहिले आहेत; त्यापेक्षां ते सूर्याजवळ जाताना काम करू शकतात; यास्तव या मंडळांत काहीं गुप्त किंवा स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति आहे व ती प आहे असें घेऊं. आतां गतिशास्त्रावरून आपणास माहीत आहे कीं, व्यक्त व गुप्त कर्तृत्व शक्ति यांची बेरीज नित्य समान असते. म्हणून जर सूर्याजवळ तारे गेल्यानें गुप्तकर्तृत्व शक्ति कमी झाली तर आपणास असें आढळेल कीं, ज्या वेगानें तारे सूर्या-भोवतीं फिरत आहेत, तो वेग वाढेल. म्हणून मंडलाची व्यक्तकर्तृत्वशक्ति तितकी वाढेल; आणि दोहों कर्तृत्वशक्तींची बेरीज समान राहील; उलट जेव्हां तारे सूर्यापासून दूर जातील, तेव्हां त्या मंडलाची गुप्त कर्तृत्वशक्ति वाढेल, आणि त्याचा वेग आणि म्हणून त्यांची व्यक्त कर्तृत्वशक्ति कमी होईल. (या ठिकाणीं आम्ही कक्षांच्या दीर्घ वृत्त्याकार आकारास उद्देशून लिहिलें आहे.)

२८०. जेथें घर्षण घडतें तेथें कर्तृत्वशक्तीच्या नित्यत्वाचा नियम लागू नसतो असें बाह्यात्कारें वाटतें—पुष्कळ दिवसपर्यंत असें समजत कीं, जेव्हां घर्षण नसतें तेव्हां मात्र कर्तृत्वशक्तीच्या नित्यत्वाचा नियम खरा असतो. कारण जेव्हां घर्षणाचा प्रतिबंध होतो, तेव्हां जितकी व्यक्त कर्तृत्वशक्ति नष्ट होते, तितकी ती गुप्त रूपानें आपणास प्राप्त होत नाही, आणि गुप्त कर्तृत्वशक्ति नष्ट झाली तर व्यक्त रूपानें मिळत नाही. जसें—जर एक दगड उतरणीवरून खाली सोडिला, तर माथ्यावर जी त्याच्या आंगां गुप्तकर्तृत्वशक्ति होती, तिच्या जागां तळ्याशीं तितकी व्यक्त शक्ति येते. आणि तो दगड उतरणीवरून वर जाऊं दिला, तर घर्षणाच्या अभावीं मात्र पूर्वीच्या उंचीस जातो. परंतु घर्षण असल्यास तो तितक्या उंचीवर पोचत नाही, किंवा त्याच्या कर्तृत्वशक्तींत अनेक फेरफार होऊन कर्तृत्वशक्ति कमी झाली आहे, आणि बाह्यात्कारें त्याच्या मोबदला दाखविण्यास काहींच नाही, अशा स्थितींत तो परत मूळ स्थितींत येतो.

२८१. जेथें घर्षण घडतें तेथें उत्पन्न झालेली उष्णता कर्तृत्वशक्ति आहे असे समजल्यास वरील नियम खरा असतो—ज्यांत घर्षण घडतें, व ज्यांत घर्षण घडत नाही, अशा दोन्ही गोष्टींचा 'कर्तृत्वशक्ति नित्य समान असते' या सिद्धांतांत समावेश होतो, असें जेव्हां दाखविण्यांत आलें तेव्हां अगोचीन शास्त्रज्ञांच्या अनेक साधारण अनुमानपैकी एक मोठे अनुमान काढण्यांत आलें.

हें सर्वांस माहीत आहे कीं, जेव्हां घर्षण घडतें तेव्हां उष्णता उत्पन्न होते. पदार्थास फार उष्ण करणें म्हणजे त्याच्या कणांस जास्त जोरानें आंदोलन पावण्यास लावणें होय. कण आंदोलन पावणें हा एक द्रव्याच्या चलनाचाच प्रकार आहे. मात्र या स्थळीं गति इतकी संकीर्ण असते, आणि ज्या अंतरांतून चलन होतें, तीं अंतरें इतकीं सूक्ष्म असतात कीं, तीं आपल्या नजरेस येत नाहीत. परंतु जेथें म्हणून द्रव्य चलन पावतें तेथें गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति असते, हें निर्विवाद आहे.

सारांश उष्णतेला गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति असें मानितां येईल; आणि ज्याप्रमाणें

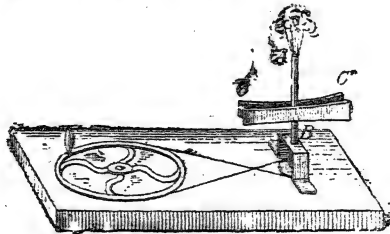
आपण दृश्य व व्यक्त कर्तृत्वशक्तीस फुटपोंडांनी मापितो, त्याप्रमाणे फुटपोंडांनी उष्णता मापण्यास जोल यानें कशी योजना केली होती, त्याचें वर्णन पुढें करूं.

इया ठिकाणीं काहीं काम होऊन व्यक्त कर्तृत्वशक्ति नष्ट होते, त्या ठिकाणीं तिच्या मोबदला तितकीच कर्तृत्वशक्ति उष्णतेच्या रूपानें प्राप्त होते, अशीं काहीं उदाहरणें प्रथमतः देऊं.

**प्रयोग (१)**—वायुची पिचकारी—वाजुवरील आकृति जाड अशा काचिच्या पिचकारीची आहे. तिचें E तोंड E ह्या पितळेच्या तुकड्यानें भगदी गच्च बंद केलेलें आहे. E तुकडा मळसुत्रानें गच्च बसविता येतो. या पत्र्याच्या बाहेरच्या वाजूस एक लहानशी पोकळी आहे. तीत कफाचा किंवा दुसऱ्या शीघ्र ज्वालाग्राही पदार्थाचा तुकडा घालिता येतो. नळीत गच्च बसणाऱ्या P Q दट्ट्याचा दांडा बळकट असून त्याचा Q दट्ट्या लांब नळीत गच्च बसणारा आहे. प्रथमतः P Q दट्ट्या नळीच्या माथ्याशीं आणून, नंतर E पत्र्यात कफ घालून नळीच्या तोंडावर त्यास बसवार्वे. आणि अखेर P Q दट्ट्या जोरानें व जलदीनें खालीं सारावा, झणजे कफ पेटतो, आणि जी ठिणगी उत्पन्न होते, ती अंधेरांत स्पष्ट दिसते. ह्या ठिकाणीं आपण कामाचा व्यय करितो, आणि त्याच्या मोबदला उष्णतेच्या रूपानें कर्तृत्वशक्ति मिळते.

आ. १३४ वी. **प्रयोग (२)**—जेव्हां आगगाडी ब्रेकानें (प्रतिबंधकानें) थांबवितात, तेव्हां यंत्र चालविणारा ( एंजिनड्रयव्हर ) किंवा पाहरेकरी ( गार्ड ) हा जो प्रयोग करितो त्यांत चाल गाडीची व्यक्त कर्तृत्वशक्ति नष्ट पावून तिच्या मोबदला तितकीच उष्णतेच्या रूपानें व्यक्तशक्ति मिळते. प्रत्येक ब्रेकापासून इया पुष्कळ ठिणग्या उडनात, त्या रात्री स्पष्ट दिसतात.

अंधेर असलेल्या खोलीत एक मोठें चाक ( कायव्हील ) खूप जलदीनें गरगरां



आकृति १३५ वी.

फिरवून व त्यास प्रतिबंधकानें (ब्रेकानें) थांबवून अशा ठिणग्या दाखविता येतात.

**प्रयोग (३)**—टिंडाल ह्यानें पुढील प्रयोग योजिला होता. A B ही एक बुडाशीं बंद अशी नळीं असून तिच्या तोंडावर वूच गच्च बसतें. (आ. १३५ पहा) ही नळी गरगरां

गति देण्याच्या यंत्राच्या उभ्या खुंडीवर स्कूने वसवून घर्षण फार न होतां तिला गरगरां फिरवितां येतें. ह्यापून तिला जलद वायेंची गति देण्यांत फार काम खर्च होणार नाहीं.

विजागिरीनें दोन लाकडी तुकडे जोडून केलेल्या C C' कैचींत नळी धरून फिरवूं लागलें, म्हणजे नळी फिरण्यास फार जड जातें. कारण येथें नळीचे तुकड्यांवर घर्षण घडतें. या रीतीनें नळी फिरविण्यास काहीं काम खर्च करावें लागतें; आणि तेणेंकरून त्याचें रूपांतर उष्णता या व्यक्त कर्तृत्वशक्तींत होतें. कारण पाणी कटूं लागतें, यावरून ही गोष्ट स्पष्ट होते.

प्रयोग (४)—शिशाच्या कांबीचा तुकडा जोरानें व जलदीनें उलटा मुलटा बाक विला तर आपणास बरेच श्रम करावे लागतात, आणि त्यापासून शिसें गरम होतें.

तसेंच ऐरणीवर धातूचा तुकडा ठेवून घणानें त्यावर ठोकिलें, तर चलरूपाची व्यक्त कर्तृत्वशक्ति प्रत्येक ठोक्याबरोबर नष्ट होते, आणि धातूचा तुकडा उष्ण होतो.

२८२. उष्णतेचा यांत्रिक सममूल्यक—उष्णता केवळ एक प्रकारची कर्तृत्वशक्ति आहे, हें स्पष्ट केलें; आणि जेथें व्यक्त कर्तृत्वशक्ति नष्ट होते, किंवा काम झाल्यावर व्यक्त कर्तृत्वशक्ति दृश्य होत नाहीं तेथें नेहमी उष्णता उत्पन्न होते, असें कित्येक उदाहरणें देऊन दाखविलें. फुटपोंडांनीं मापिलेलें काम, यांत्रिक कर्तृत्वशक्ति आणि उष्णतामापकांनीं मापिलेलें उष्णतेचें परिमाण या दोहोंमध्ये काय संबंध आहे, हें काढण्याकरितां जोल, मेखर, आणि दुसरे विद्वान यांनीं जे प्रयोग केले, त्यांचें आतां वर्णन करूं.

जोल यानें असें स्थापित केलें कीं, एक पौंड पाण्याचें ०°श. उष्णमान वाढविण्यास जी उष्णता लागते, ती १३९० फुटपौंड कामाबरोबर असते.

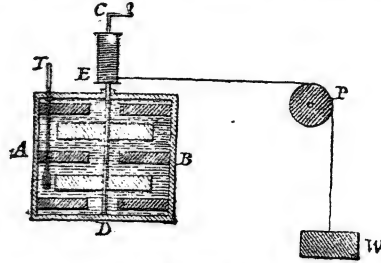
ह्याजें हा बरील उष्णतेचा अंश कर्तृत्वशक्ति आहे असें मानिलें, तर त्याची किंमत १३९० फुटपौंड आहे; याचा अर्थ असा कीं, १ पौंड वजन १३९० फुट अंतरांतून खालीं पडूं दिलें आणि त्यापासून काहीं यांत्रिक काम झालें नसून फक्त उष्णता मात्र उत्पन्न झाली, तर जी उष्णता उत्पन्न होईल तिनें एक पौंड पाण्याचें १°श उष्णमान चढेल.

टीप—१°श च्या जागीं १° फा. उष्णमान घेतलें तर यांत्रिकतुल्यमूलकाची किंमत ७७२ फुटपौंड असते.

२८३. प्रयोग—जोल याची रीति—जोल यानें याविषयीं जे प्रयोग केले, त्यांत एक विवक्षित वजन विवक्षित उंचीवरून खालीं पडूं दिलें, आणि तें वजन पडत असता त्याच्या योगानें चपट्या खुंट्या बसविलेल्या एका दांड्यास पाण्यांत फिरूं दिलें. या खुंट्या पाण्यास ढवळीत, आणि चलन पावलेल्या पाण्याच्या सवें व्यक्त कर्तृत्वशक्तीचें रूपांतर उष्णतेत अखेरीस होत असे; कारण भांड्याच्या बाजूंवर घर्षण घडून अखेर पाणी स्थिर होत असे.

A B ही एक पाण्यानें भरलेली बंद पेटी आहे, व तीत T हें उष्णमापक आहे. यानें पाण्याचें उष्णमान समजतें. C E D हा एक फिरता आस अभुन त्यासच

चपट्या खुंया आहेत, व आंस फिरला म्हणजे त्यावरील खुंया पाण्यास दवळतात. आंसाच्या वरचा C E भाग हवा तेव्हा वेगळा करिता येतो. C E भागा भोवती एक दोरी गुंडाळलेली आहे, व ती P या कणीवरून जाऊन W या वजनास अड-



### आकृति १३६ बी.

कविलेली आहे. आता W वजन उ उंचीतून खाली पडत असता जी त्याची गुप्त स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति अदृश्य होते, त्या सर्व गुप्तशक्तीचा उपयोग पाणी दवळण्यांत होत नाही. काही भाग वजन, कणी आणि C E आंस यांस व्यक्त किंवा गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति देण्यांत खर्च होतो, आणि काही थोडा भाग कणीस उष्ण करण्यांतही जातो. परंतु खुंया असलेल्या आंसापासून C E भाग वेगळा काढून असे काम किती व्यर्थ जातं याचा अंदाज करून, केवळ पाण्यांतच किती फुटपोंड काम खर्च होतं, हे जोल याने काढिले. आता पेटित जी रचना आहे, तिजवरून पाण्याची आणि खुंयांची सर्व व्यक्त कर्तृत्वशक्ति उष्णतेत रूपांतर पावते, हे उघड आहे. पाणी पेटित किती आहे व त्याचे उष्णमान वाढविण्यास किती उष्णता लागते, हे माहीत असते; आणि पाण्याचे उष्णमान किती वाढते, हेही उष्णमापकावरून समजते. म्हणून अमुक फुटपोंड काम खर्च झाले तेव्हा अमुक अंश पाण्याचे उष्णमान चढले हे समजते. ही दोन परिमाणे परस्पर बरोबर असली पाहिजेत. असे अनेक प्रयोग करून वर दिलेले प्रमाण जोल याने काढिले आहे. सर उइल्यम टॉमसन, हर्न व दुसरे कित्येक विद्वान यांनीही यापासून अगदी भिन्न अशा रीतींनी अनेक प्रयोग केले. त्यांच्या द जोल याच्या प्रयोगांपासून निघालेल्या अनुमानांत फार साम्य पडले, आणि त्या दोहोंवरून वरील सिद्धांत स्थापित झाला. याहून महत्वाची गोष्ट ही की, उष्णता ही एक प्रकारची कर्तृत्वशक्ति आहे; झणून तिला यांत्रिक कामाच्या मापाने मापिता येईल, ही जी केवळ कल्पना होती तिजविषयी संशय राहिला नाही.

टीप—जर गुरुत्वाकर्षक शक्तीचा जोर पूर्वीप्रमाणे ३२-२ फूट आहे, असे समजले तर कामाच्या स्वतंत्रप्रमाणाच्या ३२-२ फूट फुटपोंड हे कामाचे प्रमाण आहे. झणून जर आपण कामाच्या स्वतंत्रप्रमाणाचा उपयोग केला, तर पोंड शतभाग उष्णतेचा अंश  $= 1.39 \times 32.2 = 44.76$  कामाची स्वतंत्र प्रमाणे.

जर ज हे अक्षर १३९० ही संख्या दर्शविण्यास घेतले आणि उष्णतेचे अंश दर्श-

विण्यास उ अक्षर घेतलें, आणि त्याच्या बरोबरीचें जें यांत्रिक काम त्याचे फुटपैड दर्शविण्यास जर क अक्षर घेतलें, तर अशी सारणी निघते—

$$क = ज \times उ.$$

या सिद्धांतास गतिविशिष्ट उष्णताशास्त्राचा पहिला सिद्धांत असें झणतात.

२८४. यांत्रिक कर्तृत्वशक्तींत उष्णतेचें रूपांतर किंवा यांत्रिक काम करण्यांत उष्णतेचा व्यय— यांत्रिक कर्तृत्वशक्तीचें उष्णतेंत रूपांतर कसें होतें, एवढेंच केवळ दाखवून उष्णता आणि यांत्रिक किंवा व्यक्त कर्तृत्वशक्ति यांमध्ये कसा संबंध असतो, याविषयी स्पष्टीकरण वर केलें. झणजे वर असें दाखविलें कीं, व्यक्त कर्तृत्वशक्ति काहीं नियमित प्रमाणानें नष्ट झाली किंवा काहीं नियमित काम खर्च झालें, तर त्यापासून नियमित अशी व्यप्रमाणानें उष्णता मिळते. कर्तृत्वशक्तीचें या प्रकारचें रूपांतर खरोखरच फार साधारण आहे. कारण सर्व कर्तृत्वशक्तीचा उष्णतेमध्ये रूपांतर पावण्याचा कलच असतो. तथापि उलट रूपांतराचीं झणजे यांत्रिक कर्तृत्वशक्तींत उष्णतेच्या रूपांतराचीं उदाहरणें फार काचित् आढळतात, असें नाहीं. जी उष्णता नाहींशी होते, व तिच्या मोबदला जी यांत्रिक कर्तृत्वशक्ति प्राप्त होते, त्या दोहों-मध्येही असाच संबंध असतो.

२८५. उदाहरण १—जर एकाद्वे वाफेचें यंत्र काहीं काम करीत नसेल, तर भट्टीतून जी उष्णता यंत्रानें शोषण केली असेल, ती सर्व उष्णता परत मिळेल. जर उष्ण झालेलें लोखंड मूळच्या उष्णमानावर येईपर्यंत शीत केलें, आणि वाफेस थिजवून जर मूळच्या उष्णमानाचें तिचें पाणी केलें, सारांश जी उष्णता हवा, लोखंड, किंवा पाणी यांत गेली होती, ती सर्व नीट रीतीनें गोळा केली तर भट्टीतून गेलेली सर्व उष्णता आपणास पुनः प्राप्त होईल. परंतु जेव्हां यंत्र काम करीत असेल, तेव्हां कितीही जपून भट्टीतून गेलेली उष्णता गोळा केली तथापि काहीं अदृश्य झाली आहे, असें आपणास आढळेल. जर घर्षण मुळीच घडत नाहीं, असें घटकाभर आपण समजलों, तर अदृश्य झालेल्या उष्णतेच्या मोबदला तिच्या बरोबरीची व्यक्त कर्तृत्वशक्ति आपणास प्राप्त होईल. एका मोठ्या गतिचक्राला ( फायव्हील याला ) किंवा आगगाडीला नियमित गति देण्यास जर यंत्राचा उपयोग केला असला, तर जी उष्णता नष्ट झाली असेल, तिच्या बरोबर ही व्यक्त कर्तृत्वशक्ति असते. जर वजन उचलण्यास यंत्राचा उपयोग केला असला तर उंचस्थानीं वजनाच्या आर्गी आलेली कर्तृत्वशक्ति नष्ट झालेल्या उष्णतेच्या बरोबरीची असेल. जर फायव्हील यास किंवा आगगाडीस ब्रेकानें झणजे प्रतिबंधकानें थांबविलें, किंवा उंच ठिकाणीं नेलेल्या वजनास पूर्वीच्या सपाटीपर्यंत खालीं पडूं दिलें, तर यंत्रातील जी उष्णता नाहींशी झाली होती, नितकी पुनः उत्पन्न होईल.

२८६. उदाहरण २.— A हें धातूचें भक्कम भांडें असून त्याच्या तोंडास कोंक बसविलेला आहे. यांत वातपूरक यंत्रानें हवा भरली आहे. ही हवा बाहेरील हवेपेक्षा दाट असेल व तिचा दाबही जास्त असेल.

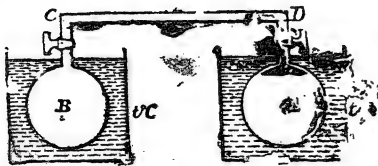
हवा भरतांना काम खर्च झालें व त्यापासून उष्णता उत्पन्न झाली होती, परंतु तें भांडें तसेंच ठेविल्यामुळे त्याचें उष्णमान आतां हवेच्या उष्णमाना इतकें झालें आहे. (आ. १३६ पहा.)



आतां जर मळसूत्र फिरवून द्वार उघडलें तर हवा जोरानें बाहेर पडेल. ही हवा प्रसरण पावतांना व सभोंवतालच्या हवेस मागे लोटतांना व बाहेर पडणाऱ्या हवेच्या कणांस गति देतांना काम करिते, आ. १३७ वी. म्हणून थंड होते. आतां सर्व फाजील हवा बाहेर निघून गेली म्हणजे भांडें मूळच्या स्थितींत येतें. परंतु जर वायु आकुंचित होऊन उष्ण झाला होता, तसाच आकुंचित व उष्ण राहिला असता, तर बाहेर पडतांच तो प्रसरण पावला असता; व प्रसरण पावतांना शीत झाला असता; आणि त्यास कर्तृत्वशक्तीच्या नित्यत्वाच्या सिद्धांतप्रमाणें मूळचा आकार व मूळचें उष्णमान प्राप्त झालें असतें. परंतु आकुंचित झालेल्या वायूस आपण शीत होऊ दिलें होतें, व त्याचें उष्णमान हवेच्या उष्णमानाइतकें झालें होतें. याकरितां आतां आकुंचित वायु बाहेर पडून प्रसरण पावतो; तेव्हां त्याचें उष्णमान हवेच्या उष्णमानाहून कमी होतें; व उष्णता अदृश्य होते; व त्याच्या मोबदला यांत्रिक काम होतें.

टीप—हें लक्षांत ठेविलें पाहिजे कीं, प्रसरण पावतांना काम झालें म्हणून उष्णता खर्च झाली पाहिजे, किंवा काम झालें झणून वायु शीत झालाच पाहिजे, असें मात्र हटकून आपणास म्हणतां येणार नाही. कारण वायु हा घड्याळाच्या कमानीसारखा आहे असें समजतां येईल. वायूस आकुंचित करितांना आपण काम करितों, व त्याच्या मोबदला गुप्त किंवा स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति मिळते. वायु परत मूळचा आकार धारण करितो तेव्हां काम होतें, आणि स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति नष्ट होते. (प्रकरण ७ यांत आपण पाहिलें कीं, कमानीसारखा वायूचा दाब उत्पन्न होत नाही.) वास्तविक गोष्ट अशी दिसते कीं, वायूच्या साधारण धर्मावरून त्यास आकुंचित केलें झणजे उष्णता उत्पन्न झाली पाहिजे. बरें, हाच वायु जर पुनः प्रसरण पावला, तर तितकी उष्णता पुनः खर्च झाली पाहिजे. परंतु जर आकुंचन पावल्यामुलें उत्पन्न झालेल्या उष्णतेस आपण वायूमधून घालविलें, तर त्यानें प्रसरण पावतांना दुसरी उष्णता शोषण केली पाहिजे. आणि याकरितां शीत केलेला आकुंचित वायु प्रसरण पावतो तेव्हां त्याचें उष्णमान उतरतें.

२८७. उदाहरण (२)—A भांडें आकुंचित केलेल्या हवेनें भरलें आहे व तिचें



आकृति १३८ वी.

हवेच्या इतकें उष्णमान आहे. B हें दुसरें तेवढेंच भांडें हवा काढून रिक केलेलें आहे. या दोहोंस C D नळीनें जोडलें आहे. म्हणून दोन्ही मिळून एकच पात्र समजण्यास हरकत नाही. आतां जर A मधील हवेस प्रसरण पावूं देऊन B मध्ये

जाऊं दिलें, तर या दोहों भांड्यांच्या बाहेर एकंदरीत कांहीं काम होणार नाहीं. परंतु B मध्ये हवेस घालविण्याचें काम A मधील हवा करील; म्हणून A भांडें शीत होईल. A मधील हवेनें केलेलें काम B वर खर्च होतें, व तेथें उष्णता उत्पन्न होते. प्रत्यक्ष प्रयोगावरून असें निष्पन्न होतें कीं, A मधून जितकी उष्णता कमी होते, तितकी B मध्ये नवी येते. दोन्ही भांडीं विवक्षित वजनाच्या व विवक्षित उष्णमानाच्या पाण्यांत ठेवून या उष्णतांचीं परिमाणें मापितां येतात.

टीप--C D नली ही पाण्यांत असली पाहिजे. परंतु दिसण्यास आकृति साधी दि-  
सावी, झणून आम्ही तशी दिली नाहीं.

२८८. कायम आकार व कायम दाब असतां वायूच्या अनुक्रमें विशिष्ट उष्णता.—प्रकरण २१ कलम २११ यांत आपणास समजलें कीं, सर्व वायूस दोन विशिष्ट उष्णता असतात व त्या व्यवहारोपयोगी आहेत. कायम आकारमान असतें तेव्हां वायूची विशिष्ट उष्णता कमी असते. ती  $\mu$  या मोडी अक्षरानें दर्शवूं, आणि जेव्हां वायुवरील दाब कायम असून तो प्रसरण पावतो, तेव्हां त्याची विशिष्ट उष्णता जास्त असते; व ती क या बालबोध अक्षरानें दर्शवूं. वर सांगितलें आहे कीं, पूर्णपणें ज्यास वायुरूप असतें, म्हणजे ज्याचें वायुरूप साधारण उष्णमान व साधारण दाब असतां कायम राहतें अशा प्रत्येक वायूच्या दोहों विशिष्ट उष्णतांमधील प्रमाण खाली लिहिल्याप्रमाणें असतें.

$$\frac{क}{\mu} = \frac{१.४१४}{१}$$

$\mu$  पेक्षा क मोठा असण्याचें कारण असें असतें कीं, कायम दाब असतां वायु प्रस-  
रण पावतो. आणि प्रसरण पावतांना त्यावरील दाब उचलतांना त्यास काम करावें  
लागतें.

वायूविषयी जी कल्पना सर्वास मान्य झाली आहे, व ज्या प्रयोगांनीं तिचें पुष्टीक-  
रण झालें आहे अशा अनेक प्रयोगांवरून असें अनुमान निघालें आहे कीं नित्य वा-  
युरूपांत असणाऱ्या कोणत्याही वायूस आपल्या अणूंस परस्परांपासून दूर लोटून  
प्रसरण पावतांना कांहीं काम करावें लागत नाहीं. याकरितां प्रसरण पावण्यांत  
जी उष्णता खर्च होते, ती उष्णता बाह्यदाबाचें अतिक्रमण करून आकारमान वाढ-  
ण्यांत जें काम होतें त्या कामाबरोबर असते.

आतां वायु प्रसरण पावण्यांत किती उष्णता अदृश्य झाली, हें आपणास काढितां  
येईल. कारण आपणास क आणि  $\mu$  ह्या संख्या माहीत असल्या झणजे क— $\mu$   
हीही समजेल. म्हणून विवक्षित वजनाच्या वायूचें प्रसरण होतांना किती उष्णता  
अदृश्य झाली हें काढितां येईल.

तसेंच वायूचें आरंभीचें व अखेरचें अर्शा आकारमानें व दाब आपणास माहीत  
असतात. झणून बाह्य जें काम झालें तेंही काढतां येईल.



यास्तव वायूच्या अणूस एकमेकांपासून दूर करण्यांत कांहीं उष्णता खर्च होत नाही असें गृहीत घेतलें तर आपणास खालील समीकरण लिहितां येईल.

अदृश्य झालेली उष्णता = झालेलें बाह्य काम.

या प्रकारचें गणित केलें झणजे अदृश्य उष्णतेच्या बरोबर किती यांत्रिक काम असतें हें निघतें. हें प्रमाण जोल यानें कलम २८३ यांत सांगितल्याप्रमाणें काढिलेल्या प्रमाणाशी बरोबर मिळतें.

२८९. उष्णता विशिष्ट गतिशास्त्राचा दुसरा सिद्धांत—कलम २८३ याच्या अखेरीस असें सांगितलें कीं, विवक्षित परिमाणाच्या उष्णतेबरोबर विवक्षित परिमाणाचें यांत्रिक काम असतें; आणि कोणत्या तरी रूपांत तिच्या बरोबरीची कर्तृत्वशक्ति दृश्य झाल्याशिवाय उष्णता अदृश्य होणार नाही. यासच उष्णताविशिष्टशास्त्राचा पहिला सिद्धांत झणतात.

दुसरा सिद्धांत याहून फार साधा आहे. उष्णतेचें रूपांतर यांत्रिक कामांत कसें होतें हें या सिद्धांतांत सांगितलें असतें. या सिद्धांताविषयी थोडेंसे वर्णन पुढें पुरवणांत देण्यांत येईल.

२९०. उष्णतेनें चालणाऱ्या उष्णतायंत्रांचीं साधारण मूलतत्त्वे—ह्या यंत्रांत यांत्रिक काम किंवा कर्तृत्वशक्ति मिळण्याकरितां उष्णतेचा उपयोग करितात, अशा वाफेच्या यंत्रांस, उष्ण हवेच्या यंत्रांस व दुसऱ्या असल्या उष्णतेनें चालणाऱ्या यंत्रांस उष्णता यंत्रें हें नांव देतात.

थोडसा विचार केला असतां असें दिसून येईल कीं, या सर्व यंत्रांत कांहीं विवक्षित अशा क उष्णमानावर उष्णतेचें उत्पत्तिस्थान असावें लागतें आणि ह्यास शीतक असें म्हणतात, असा एक किंवा अधिक पदार्थ याहून कमी अशा क<sub>०</sub> उष्णमानावर असणें अवश्य असतें. आणि क उष्णमानावरील उत्पत्ति स्थानापासून क<sub>०</sub> उष्णमानावर असलेल्या शीतकाकडे उष्णता जाणें, हें यंत्र चालूं लागण्यास अवश्यक असतें. परंतु यंत्र चालू होण्यास उत्पत्तिस्थानापासून निघालेल्या क उष्णमानाची उष्णता शीतकाच्या क<sub>०</sub> उष्णमानावर गेली पाहिजे. येथें आपण केवळ उष्णमानाचा उपयोग करूं. एक उदाहरण देतो, त्यावरून हें स्पष्ट होईल. वाफेच्या यंत्राच्या तापकांत १६०°श. किंवा ४३३°क या उंच उष्णमानावर वाफ आहे, असें कल्पूं. हें आपलें उष्णतेचें उत्पत्तिस्थान ४३३°क. उष्णमानावर आहे. यास जोडलेला एक शीतक आहे, व त्यांत वाफ जाऊन व तेथें थिजून तिचें पाणी उदाहरणार्थ ३०°श. किंवा ३०३°क उष्णमानाचें होतें. हा आपला शीतक क<sub>०</sub> = ३०३°क या उष्णमानावर आहे. असें यंत्र चालू होण्यास ४३३°क उष्णमानावरील तापकांतून ३०३°क उष्णमानावरच्या शीतकांत उष्णता जाणें अवश्य आहे.

आणखी आपणास असें माहीत आहे कीं, यंत्रानें जर कांहीं काम होत असलें, तर यापैकी कांहीं उष्णता खर्च झाली पाहिजे; म्हणून तापकांतून जी उष्णता एकंदर जाते, ती सर्व शीतकांत जाऊन पोंचत नाही.

२९१. उष्णता यंत्राचें खर्चें सामर्थ्य—जी उष्णता तापकांतून जाते, त्यापैकीं सांघेल तितकी पुष्कळ उष्णता काम करण्यांत खर्च करणें यांतच आपला स्वार्थ आहे, हें स्पष्ट होय. १६०° श. उष्णमानावर वाफ करण्यामध्ये सर्पण खर्च करून तिला हवेंत आपल्या सर्व उष्णतेसह जाऊं देणें ह्याजें केवळ नुकसान आहे. उच्च दाबाच्या यंत्रांत याप्रमाणें वाफ हवेंत सोडितात. तसेंच नीच दाबाच्या यंत्राच्या शीतकांत फार उष्ण अशा स्थितींत वाफेस जाऊं देणें, आणि या वाफेंतील उष्णता जिकडे तिकडे पसरून व्यर्थ घालविण्याकरितां शीतकास थंड ठेवणें, यांतही नुकसान आहे.

तापकांतून एकदां वाफ सोडिली म्हणजे तिच्या उष्णतेपैकीं इतक्या उष्णतेचा आपणास काम करून घेण्यांत व्यय करितां यावा कीं, ती वाफ यंत्रांतून बाहेर पडताना हवेच्या उष्णमानाच्या पाण्यांत तिचें रूपांतर व्हावें. असें झालें तर मात्र आपला फायदा होईल. उत्पत्तिस्थानापासून जी उष्णता जाते, तिजपैकीं किती उष्णतेचा काम करून घेण्यामध्ये खर्च करितां येईल त्याचा आपण विचार करूं.

असें समजूं कीं, उत्पत्तिस्थानापासून जी उष्णता जाते, ती उ आहे आणि तिजपैकीं जिचा व्यय काम करण्यांत होतो, ती उ आहे. उत्पत्तिस्थानाचें उष्णमान क आणि शीतकाचें उष्णमान क० आहे. हीं उष्णमानें केवळ उष्णमानें आहेत असें कल्पूं.

तर  $\frac{उ}{उ}$  या अपूर्णाकास यंत्राचें सामर्थ्य असें ह्याणतात व हें म्हणणें सयुक्तिक आहे. कारण उत्पत्तिस्थानापासून शीतकांत जी उ एकंदर उष्णता जाते, व ज्या उष्णतेचा व्यय काम करण्यांत होतो, त्या दोहोंमधील हें प्रमाण आहे.

ज्या सिद्धांताचा या प्रस्तुतच्या पुस्तकांत समावेश होत नाही, त्या सिद्धांतावरून असें सिद्ध करतां येतें कीं,  $\frac{उ}{उ}$  याची अत्यंत मोठी किंमत (म्हणजे अगदीं पूर्णतेस पावलेल्या यंत्रांत जी याची किंमत असेल ती) खाली लिहिल्याप्रमाणें असते:—

$$\frac{उ}{उ} = \frac{क-क०}{क}$$

म्हणून असें दिसतें कीं आपणास सर्व उष्णतेचा उपयोग करून घेतां येणार नाही. जर शीतकाचें उष्णमान क० हें शून्य असेल ह्याजें जर शीतक केवळ शून्य उष्णमानावर असेल, तर मात्र उ बरोबर उ होईल. आणि तेव्हां मात्र सर्व उष्णतेचा उपयोग करून घेतां येईल. परंतु अशी गोष्ट व्यवहारांत अगदीं अशक्य आहे.

२९२. उत्तम उष्णतायंत्र—उत्तम उष्णतायंत्र कशास म्हणावें हें या पुस्तकांत सांगतां येणार नाही. इतकेंच येथें सांगणें बस आहे कीं, जर उत्तम यंत्राचें सामर्थ्य दर्शविणारा अपूर्णाक  $\frac{उ}{उ}$  याची किंमत काढिली ह्याजें हें सामर्थ्य कोणत्याहि यंत्राच्या आंगां असणार नाही, असें आपणास एकदम समजेल. व्यवहारदृष्ट्या उत्तम यंत्राचें जें अत्यंत मोठें सामर्थ्य तें  $\frac{क-क०}{क}$  या बरोबर असतें.

२९३. यंत्राच्या सामर्थ्याचीं उदाहरणें—उत्तम अशा कल्पिलेल्या वाफेच्या यंत्रांत तापक १३०° श उष्णमानावर आहे; आणि शीतकास २५° श या उष्णमानावर ठेविलें

आहे. तर त्याचें सामर्थ्य काय असेल? आणि तापकांतून ४० पौंड शतभाग अंश उष्णता गेल्यास तिजपासून किती काम करून घेता येईल?

१३०°श. = ४०३°क; आणि २५°श. = २९८°क.

$$\therefore (१) \text{ यंत्राचें सामर्थ्य } = \frac{उ}{क} = \frac{क-क_०}{क} = \frac{४०३-२९८}{४०३} = \frac{१०५}{४०३}$$

$$\text{यास्तव—उ} = \frac{१०५}{४०३} उ$$

$$उ = ४० \times १३९० \text{ फुटपौंड.}$$

$$\therefore \text{ काम होईल तें } = \frac{१०५ \times ४० \times १३९०}{४०३} \text{ फुटपौंड.}$$

### उष्णतेचीं अनेक उत्पत्तिस्थानें.

२९४. सूर्य—कोणकोणत्या भिन्न रीतींनीं आपणास उष्णता प्राप्त होते, याविषयी आपण विचार करूं लागलों ह्मणजे सूर्य हें उष्णतेचें मुख्य उत्पत्तिस्थान आहे, असें आपल्या एकदम लक्षांत येतें. क. २७२ यांत आपणास समजलें कीं, जी उष्णता आपणास सूर्यापासून मिळते, ती अतिशय असते. भूगोलावर १०० फूट जाडीचा बर्फाचा थर आहे, असें कल्पिलें, आणि त्या थरांत किती पौंड बर्फ असेल, त्याचें गणित केलें, आणि त्या संख्येस ८० नीं गुणिलें, तर ती संख्या, सूर्यापासून जी उष्णता दरसाल आपणास प्राप्त होते त्या उष्णतेचे अंश, पौंड शतभाग प्रमाणांत दर्शवील. आणखी जर या संख्येस १३९० नीं गुणिलें तर या उष्णतेबरोबर फुटपौंड प्रमाणांत कामाची संख्या निघेल.

सूर्यापासून जी उष्णता विसर्जित होते, त्यापैकी तिचा  $\frac{१}{२,१०,००,००,०००}$  वा भाग मात्र पृथ्वीस प्राप्त होतो. यावरून सूर्याची एकंदर कर्तृत्वशक्ति किती आहे, याचा विचार करूं लागल्यास ती शक्ति ज्या संख्येनें दर्शविली जाईल, ती संख्या एवढी मोठी असेल कीं, तिची वास्तविक कल्पना आपणास मुळींच होणार नाही.

२९५. सूर्याचें उष्णमान कशानें तसेंच सतत कायम राहतें—ज्या अति प्राचीन काळाविषयी आपणास थोडी बहुत माहिती आहे, तेव्हापासून सूर्याचें उष्णमान यत्किंचितही कमी झालें नाही; परंतु विसर्जनानें इतकी अत्यंत उष्णता सूर्यापासून जाते कीं, जर सूर्यास एकसारखा किंवा नियमित कालानें उष्णतेचा पुरवठा झाला नसता, तर सूर्याचें उष्णमान कमी झाल्याचें स्पष्ट अनुभवास आलें असतें. यास्तव असा प्रश्न उत्पन्न होतो कीं, सूर्यास उष्णतेचा पुरवठा कशानें होतो? आपणास माहिती आहे कीं, डबलनानें किंवा दुसऱ्या कोणत्या तरी रसायन क्रियेनें उष्णतेचा पुरवठा करितां येतो. यांत रासायनिक स्थितिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति अदृश्य होऊन तिच्या मोबदला गतिविशिष्ट किंवा व्यक्त कर्तृत्वशक्ति उष्णतेच्या रूपानें उत्पन्न होते. परंतु

ही गोष्ट सूर्याशी संभवत नाही. कारण ज्वालाग्राही पदार्थाचा असा नियमित पुरवठा होण्याचें तें थें शक्य दिसत नाही; आणि ज्वलनापासून उत्पन्न झालेल्या पदार्थाचा इतका संचय झाला असता की, त्याच्या योगानें उष्णतेचा पुष्कळ अंश इकडे येण्यास प्रतिबंध झाला असता. ज्योतिषशास्त्रवेत्ते व पदार्थविज्ञानशास्त्रवेत्ते या उभयतांनीं असें अनुमान काढिलें आहे की, सूर्याचा आकार आकुंचित होत आहे, व त्यावर त्या सभोंवतीं फिरणारे कित्येक तारे आपटून, त्यांची गति नष्ट होत आहे व कित्येक तारे सूर्याच्या जवळ जात आहेत. याच दोनतीन कारणांनीं सूर्याचें उष्णमान आहे तसें राहिलें आहे. म्हणजे वर निर्दिष्ट केलेल्या क्रियामध्यें जी यांत्रिक स्थानविशिष्ट किंवा गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति नष्ट होते, तिच्या मोबदला उष्णता उत्पन्न होते. असें आपणास माहीत आहे की, जसजसा तारा सूर्याजवळ अधिक जातो, त्याप्रमाणें तो सूर्याभोंवतीं अधिक जलदीनं फिरूं लागतो. यास्तव जे तारे सूर्याच्या अति संनिध जातीले त्यांचा वेग अतिशय असेल आणि अत्यंत मोठ्या आकाराच्या पदार्थाच्या अत्यंत वेगानें फिरण्यापासून इतकी अतिशय उष्णता उत्पन्न होईल की, तिचा सूर्यास जो पुरवठा होईल, त्यानें सूर्याचें उष्णमान कायम राहिलें आहे, असें म्हणतां येईल. अवकाशांत कशाशी तरी किंचित् पर्षण झाल्यामुळें लहान मोठे तारे हळू हळू पण खालीपुर्वेक सूर्याच्या अधिकाधिक जवळ जात आहेत, यांत संशय नाही.

सारांश आपल्या ग्रहमालेचा मध्य जो सूर्य त्याच्या सभोंवतालचे तारे अधिकाधिक त्याच्या जवळ जवळ जात असल्यानें, आणि त्यामुळें त्यांच्या यांत्रिक कर्तृत्वशक्तीचा नाश होत असल्यानें आणि सूर्याचा आकार आकुंचित होत असल्यानें सूर्याची उष्णता कायम राहिली आहे.

ग्रहमालेतील सर्व तारे सूर्याजवळ गेले म्हणजे त्याचा पिंड हळू हळू शीत होत जाईल. आणि कदाचित् तो थंड आणि अंधक होईल. ही सर्व ग्रहमाला ज्या दुसऱ्या एका दूर अंतरावरच्या ताऱ्या सभोंवतीं फिरत आहे असें मानतात, त्याच्या मध्याकडे जेव्हां ही सर्व मालाची माला अधिक जवळ जाईल, तेव्हां पुनः उष्णता उत्पन्न होईल. परंतु या सर्व गोष्टी फार कालांतराच्या आहेत, व त्यांपासून याविषयी जे आपले प्रस्तुत विचार आहेत, त्यांत काहीं फेरफार होण्याजोगा नाही.

२९६. भरती—भरती हें ही एक उष्णतेचें उत्पत्तिस्थान आहे. भरतीचें पाणी पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून सरपटत एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणीं जातें; यापासून खचित साक्षात् पण कांहींशी न कळत उष्णता उत्पन्न झाली पाहिजे. जीं येवें पर्षणानें किंवा विद्युल्लतेच्या योगानें आपणास उष्णता व प्रकाश देतील, अशीं येवें भरतीच्या योगानें चालवितां येतील. म्हणून भरतीपासून उष्णता परंपरा उत्पन्न झाली पाहिजे. आतां पृथ्वी आणि चंद्र यांमधील परस्पर आकर्षण आणि पृथ्वीचें आपल्या आसावर फिरणें या दोहों कारणांनीं भरती येते. केवळ चंद्राच्या आकर्षणानेंच पाणी फुगून एके ठिकाणाहून दुसरे ठिकाणीं जातें, असें भरतीचें स्थूलमानानें वर्णन कारितां येईल. वास्तविक पृथ्वी या पाण्यामधून फिरत आहे, यास्तव पृथ्वीच्या फिरण्यास चंद्रानें ला-

विलेला हा एक तिजवर प्रतिबंधक (ब्रेक) आहे असें होतें. या प्रतिबंधकानें पृथ्वीचा आंसा भोवतीं फिरण्याचा जो वेग आहे, तो कमी होतो. म्हणून व्यक्त किंवा गति विशिष्ट कर्तृत्वशक्तीचा नाश होऊन त्याच्या मोवदला उष्णता उत्पन्न होते.

टीप—या भरतीच्या विषयाचें वरील हें फार अपुर्तें वर्णन आहे. परंतु यास नाइलाज आहे. हें सर्वास माहीत आहे कीं, दोन ठिकाणीं भरती येते. चंद्राच्या थेट खालच्या ठिकाणीं आणि गोलाच्या याच्या खालच्या दुसऱ्या बाजूस अशी दोन ठिकाणीं भरती येते. आणि आणखी भरतीच्या कार्यानें पृथ्वीची आंसाभोंवतालची गतीच मात्र कमी होते, असें नसून चंद्राच्या गतींत ही प्रतिकार्यानें फेरफार होतो. सूर्याच्या कार्यानेंही भरती येते. परंतु ती फार लहान असते. आणि वर जें सांगितलें आहे तें सवें सूर्यापासून उत्पन्न होणाऱ्या भरतीसही लागू आहे.

भरतीमध्ये ग्रहमालेच्या एका भागांत यांत्रिक कर्तृत्वशक्तीचा नाश होऊन त्याच्या बरोबरीची आणखी उष्णता उत्पन्न होते.

२९७. बारा—वाऱ्यापासूनही उष्णता उत्पन्न होते. यांतही पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर घर्षण घडल्यामुळे साक्षात् किंवा वाऱ्यास येवें चालविण्यास लाविलें असल्यास परंपरा आपणास उष्णता प्राप्त होते. तथापि बारा कक्षांनें उत्पन्न होतो, याचा जर आपण विचार केला, तर आपल्या लक्षांत असें येईल कीं, मुख्यत्वे सूर्याच्या कार्यानेंच बारा उत्पन्न होतो. किंवा बारा उत्पन्न होण्यामध्ये जी सूर्याची उष्णता खर्च होते, तिच्या बरोबरीची तिच्यामुळे मुख्यत्वे उत्पन्न झालेली वाऱ्याची कर्तृत्वशक्ति असते; झणून या उत्पत्तिस्थानाचा सूर्यामध्येच समावेश होतो.

२९८. रसायनप्रीति—असे पुष्कळ पदार्थ आहेत कीं, त्यांमध्ये परस्पर रसायनप्रीति असते, आणि त्यांच्या संयोगापासून उष्णता उत्पन्न होते.

(१) दगडी कोळसे व दुसरे ज्वालाग्राही पदार्थ—दगडी कोळसे व दुसरे ज्वालाग्राही पदार्थ यांची आक्सिजनाशी रसायन प्रीति आहे. आक्सिजनाशी त्यांचा संयोग बहुधा ज्वलनाच्याद्वारे होतो, आणि ज्वलन घडत असता उष्णता उत्पन्न होते.

निरनिराळ्या पदार्थांचें परस्परांशीं जें रसायनाकर्षण असतें, तें केवळ स्थान-विशिष्ट कर्तृत्वशक्तीचें दर्शक आहे, असें आपणास म्हणतां येईल. जेव्हां ही स्थान-विशिष्ट कर्तृत्वशक्ति त्यांच्या संयोगानें नाश पावते, तेव्हां तिच्या बरोबरीची उष्णता उत्पन्न होते.

आतां दगडी कोळसे व दुसऱ्या प्रकारचे ज्वालाग्राही पदार्थ यांची उत्पत्ति कशी झाली याचा जर आपण विचार करूं लागलों, तर आपणास असें दिसून येईल कीं, त्यांस त्यांची स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति वास्तविक सूर्यापासूनच मिळाली आहे.

कारण सूर्याच्या विसर्जक कर्तृत्वशक्तीपैकी काहीं शक्तीचा व्यय होऊन जिवंत झाडांस हवेंतील कार्बोनिक आसिड वायूमधून सर्व सर्पणाचा मुख्य घटक जो कार्बोन तें मिळालेला असतो. कार्बोनिक आसिडामध्ये ज्या आक्सिजनाशी कार्बोन संयुक्त झालेला असतो, त्यापासून त्यास वेगळे काढण्यामध्ये सूर्याच्या विसर्जक शक्तीपैकी

(२) रसायनाकर्षणाची दुसरी उदाहरणे—रसायनाकर्षणाने उष्णता उत्पन्न होण्याचे पाहून काहींतें भिन्न उदाहरण घेऊं. मग्नीशिभम धातूची तार जाळली म्हणजे अत्यंत उष्णता व प्रकाश उत्पन्न होतात. तथापि हें ही उदाहरण वरच्या उदाहरणापासून मुख्यतत्त्वामध्ये भिन्न नाही. कारण उष्णतेचा व्यय करूनच मग्नीशिभम धातूस वेगळें काढिलें होतें; आणि तें केंद्रून रासायनिक स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति त्या धातूस प्राप्त झाली होती. म्हणजे अर्थात दगडी कोळसे जाळून उष्णता व प्रकाश उत्पन्न करण्यांत आली व त्याच्या योगानें मग्नीशिभम धातूस वेगळें काढिलें; म्हणून हिजपासून उत्पन्न होणारी उष्णता व प्रकाश वास्तविक दगडी कोळशापासूनच, अंतएव सूर्यापासूनच उत्पन्न झाला, असें आपणास झणतां येईल.

२९९. विद्युत्प्रवाहापासून उष्णता—विद्युत्प्रवाहापासून जी उष्णता व जो प्रकाश उत्पन्न होतो, तो अर्वाचीन काळच्या लोकांस चांगला माहीत आहे. वरें हें तरी उष्णतेचें स्वतंत्र उत्पत्तिस्थान आहे की काय तें पाहूं. परंतु थोड्याशा विचारांत नेंही स्वतंत्र उत्पत्तिस्थान नाही असें दिसून येईल. कारण विद्युत्प्रवाह यांत्रिक कार्यानें किंवा रसायनकार्यानें उत्पन्न करितां येतो. चुंबकजन्यविद्युद्यंत्र फिरविण्यास वाफेच्या यंत्रांतील उष्णतेचा व्यय होतो; आणि यासुळे वाफेच्या यंत्रांत जी दगडी कोळशापासून उत्पन्न झालेली उष्णता अदृश्य झाली, तीच वास्तविक येथें विद्युत्तेच्या रूपानें आपणांस मिळाली किंवा विद्युन्मालेपासून जी विद्युत्कला उत्पन्न होते, ती केवळ रासायनिक स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्तीचा मोबदला असते.

३००. उष्णतेची दुसरी उत्पत्तिस्थाने—पृथ्वीचा अंतर्भाग तिच्या पृष्ठभागापेक्षा जास्त उष्ण असल्यासुळे आपणांस पृथ्वीपासून ही उष्णता मिळते. त्याच प्रमाणें गंधक व दुसरे पदार्थ त्यास त्यांच्या संयुक्त पदार्थापासून वेगळें काढण्यास जी पृथ्वीची उष्णता खर्च झाली होती, तिच्या मोबदला त्यांच्या आर्गी रासायनिक स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति झालेली असते. म्हणून त्यास जाळलें म्हणजे उष्णता उत्पन्न होते. तसेंच सूर्याच्या उष्णतेनें जे पाणी आरंभी वर चढविलें होतें, तें पाणी खाली पडतानाही उष्णता उत्पन्न होते. तसेंच पदार्थ उंच ठिकाणाहून नीच ठिकाणी पडतानाही उष्णता उत्पन्न होते.

३०१. साधारण अनुमाने—कर्तृत्वशक्तीचें एका रूपांतून दुसऱ्या रूपांत रूपांतर होण्याविषयी जे अनेक प्रकार सांगितले, ते बाह्यात्कारी फार गोंधळाचे दिसतात. तरी त्यांत एक मोठा सिद्धांत आपल्या अनुभवास येतो. तो सिद्धांत कर्तृत्वशक्तीचें नित्यत्व होय. याचा अर्थ असा की, निरनिराळ्या भागांनी कोणतीही रूपे धारण केली तरी कर्तृत्वशक्तीचें एकंदर परिमाण नित्य समान राहतें. तथापि सूर्यमाले-

नील एकंदर कर्तृत्वशक्तीचें परिमाण सारखें असतें, असें मात्र आपणास म्हणता येणार नाही; कारण या सूर्यमालेंतून एक प्रकारची कर्तृत्वशक्ति जाऊं शकते, व ती एकसारखी जात आहे. ती विसर्जक कर्तृत्वशक्ति होय. ज्यास आपण रिक्त अवकाश झणतो, त्या अवकाशांतून ईंधक (ईंधर) या काल्पनिक पदार्थाच्या द्वारे लहरींच्या रूपानें एकसारखी कर्तृत्वशक्ति जात आहे. या लहरी उष्णतेच्या किंवा प्रकाशाच्या असतात व यांचें ज्ञान आपल्या इंद्रियांस होत नाही.

३०२. कर्तृत्वशक्तीचा विक्षेप—ज्यापासून आपणास यांत्रिक काम करून घेतां येतें अशी जी कर्तृत्वशक्तीचीं रूपें असतात, तीं आपणास उपयोगी पडतात. यांत्रिक काम करण्यास उपयोगी अशा रूपांतून यांत्रिक काम करण्यास निरूपयोगी अशा रूपांत कर्तृत्वशक्तीचें रूपांतर झालें म्हणजे कर्तृत्वशक्तीचा विक्षेप किंवा भ्रंश झाला असें म्हणतात. सर उइलियम टामसन यानें असें सिद्ध करून दाखविलें आहे कीं, जरी कर्तृत्वशक्तीचें एकंदर परिमाण नित्य समान असतें, तरी उपयोगी रूपांतून निरूपयोगी रूपांत जाण्याचा कर्तृत्वशक्तीचा सतत कल असतो.

कर्तृत्वशक्तीच्या ज्या रूपास उष्णता म्हणतात, तिचाच या संबंधानें विचार करूं. ज्या यंत्रानें उष्णता खर्च करून तिच्या मोवदला आपणास काम करून घेतां येतें, अशा यंत्रांत मुख्य गोष्ट अशी असावी लागते कीं, यंत्राचा एक भाग उंच उष्णमानावर व एक भाग नीच उष्णमानावर असे असावे लागतात. ज्या यंत्रांत उष्णतेचें उत्पत्तिस्थान आणि शीतक समान उष्णमानावर असतात, त्या यंत्रानें काहीं काम होणार नाही. अर्थां ज्या अर्थी शीतकास केवळ शून्य उष्णमानावर ठेवितां येत नाही, त्या अर्थी जेव्हां आपण काहीं उष्णता उंच खर्च करून तिच्याकडून काहीं काम करून घेतों, तेव्हां आपणही काहीं उष्णतेस (उ—उ) उत्पत्तिस्थानाच्या उष्णमानावरून शीतकाच्या उष्णमानावर नेणें भाग पडतें; आणि या शेवटच्या स्थितींत ती काम करण्याच्या निरूपयोगी असते. याशिवाय वहनानें, प्रापणानें, आणि विसर्जनानें काहीं उष्णता जाते, आणि यंत्राचे निरनिराळे भाग आणि सभोवतालचे पदार्थ या सर्वांचें सारखें उष्णमान होण्याचा सतत कल असतो. सारांश आपण नेहमीं असें पाहतों कीं, (१) बरीच उष्णता कामास निरूपयोगी अशा रूपांत जाऊं दिल्या शिवाय आपणास काहीं विवाक्षित उष्णतेपासून यांत्रिक काम करून घेतां येत नाही; (२) सर्व उष्णतेचा चड्ढे सारख्या मानानें पसरण्याचा कल असतो, व अशा स्थितींत ती कामाच्या निरूपयोगी असते.

पृथ्वीच्या संबंधानें जी स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति पदार्थाच्या आंगीं असते, तिचेंही उदाहरण घेऊं. कोणत्याही यंत्रांत घर्षण सर्वथैव टाळतां येत नाही. याचा अर्थ असा झाला कीं, उपयुक्त अशा स्थानविशिष्ट कर्तृत्वशक्तीचें रूपांतर उष्णतेन होतें. आणि हिचा विक्षेप किंवा भ्रंश होऊन ती निरूपयोगी होते. हीच मोष्ट इतर रूपांसही लागू आहे.



या प्रकारचे विचार गणितशास्त्राच्या सिद्धांतांनीही सिद्ध झाले आहेत, व त्यांचा खालील एका सिद्धांतात समावेश होतो.

सर्व प्रकारच्या कर्तृत्वशक्तींचा अखेरीस उष्णतेत रूपांतर होण्याचा कल असतो, व ती उष्णता सर्वत्र पसरते. हा परिणाम हळू हळू घडत जातो आणि अशा रूपांत ती उष्णता कोणतेही यांत्रिक काम करण्यास निरूपयोगी असते.

### प्रकरण १३ यावर प्रश्न व उदाहरणे.

(१) खालील तीन उदाहरणांत किती फुटपौंड काम झाले तें काढः—

(अ) पाण्याने भरलेली एकेक घागर ३० पौंड वजनाची आहे. असल्या तीन घागरी घराच्या शेवटच्या मजल्यावर चढविल्या व त्या मजल्याची एकंदर लंबोत्तर उंची ५० फूट आहे.

(ब) एका उतरणीवर एक ३ हंड्रेटवेटाचें वजन अर्धा मैल अंतरांतून ढकलले गेलें आहे. उतरणीचा चढ तीन फुटांत १ फूट आहे.

(क) एका घड्याळाचें वजन २१ फूट उंचीतून गुंडाळून वर चढविलें आहे. हें वजन २ पौंड १० औंसांचें आहे. हें वजन चढविण्यास सहाय्य देण्याकरितां दुसरे एक ६ औंसांचें वजन लाविलेलें आहे व तें तेवढ्याच उंचीतून खाली उतरलें आहे.

(२) एका कमानीस ९ इंच अंतरांतून मागें सारिलें आहे. आरंभी कमानीच्या आंगां काहीं जोर नव्हता; परंतु मागें सारिल्यावर तिच्या आंगां स्थितिस्थापक जोर ३० पौंड वजनाचा आला आहे. ज्या अंतरांतून कमानीस आखडलें आहे त्या अंतराच्या प्रमाणांत तिच्या आंगां आलेला स्थितिस्थापक जोर असतो, असें कल्पित्यास कमान आखडण्यांत किती काम झालें तें काढ.

(३) तीन पौंड वजनाची एक गोटी दर सेकंदास ३ फूट या वेगानें चलन पावत आहे. तर तिच्या आंगां किती फुट पौंडाची गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति आहे तें सांग.

(४) एक हंड्रेटवेट वजनाचा तोफेचा गोळा दर सेकंदास १००० फूट या वेगानें चलन पावत आहे. त्यास थांबविण्यासाठीं किती काम खर्च करावें लागेल?

(५) एक पौंड पाण्याचें एक अंश उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागते त्या उष्णतेस एक अंश उष्णता झणतात; अशा १०० अंश उष्णतेचा यांत्रिक सममूल्यक फुटपौंडांत काढ.

(६) एक पौंड २ औंस पाण्याचें २०.३ अंश उष्णमान चढविलें आहे. हें उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागली ती किती फुटपौंडांवर होईल?

(७) २ टन वजनाचा पदार्थ २० फूट उंचीवरून खाली पडला व त्याच्या सर्व कर्तृत्वशक्तीचें उष्णतेत रूपांतर झालें. तर किती अंश (पौंड शतभाग) उष्णता उत्पन्न होईल?



(८) दर सेकंदस ६९५ फूट या वेगानें जाणाऱ्या ३ हंड्रेटवेट वजनाच्या पदार्थास थांबविलें आहे. सर्व कर्तुत्वशक्तीचें रूपांतर उष्णतेत झालें असें मानित्यास किती उष्णता उत्पन्न होईल ?

(९) दहादहा पौंड वजनाचे दोन लोखंडाचे तुकडे दोन मनोऱ्यावरून कठीण व अवाहक अशा पृष्ठभागावर खाली फेंकून दिले. एका मनोऱ्याची उंची ३५० फूट आहे, व दुसऱ्याची ३०० फूट आहे. लोखंडाची वि. उ. ११३८ आहे. विसर्जनानें, वहनानें वगैरे काहीं उष्णता गेली नाही अशी कल्पना केल्यास प्रत्येक लोखंडी तुकड्याचें उष्णमान किती अंश वाढेल ?

(१०) लोखंडाची विशिष्ट उष्णता ०.११ आहे असें घेतलें तर अवाहक व कठीण अशा पदार्थावर लोखंडाच्या गोळ्यानें किती वेगानें पडावें म्हणजे त्याचें उष्णमान १°श चढेल ?

(११) आगगाडीच्या उब्याची ६० टन वजनाची रांग दर तासास ४५ मैल या वेगानें चालत आहे. तिला थांबवित्यास किती अंश उष्णता उत्पन्न होईल ? एक पौंड पाण्याचें एक अंश फारेनहीट उष्णमान वाढविण्यास जी उष्णता लागेल त्या उष्णतेस एक अंश उष्णता समजून तसले किती अंश उष्णता उत्पन्न होईल तें काढ.

(१२) ०°श उष्णमानाच्या १ पौंड बर्फाची १००°श उष्णमानाची एक पौंड वाफ करण्यास किती फुटपौंड काम लागेल ?

(१३) एका उष्णता यंत्रांत उष्णतेचें उत्पत्तिस्थान ११७°श. उष्णमानावर आहे व शीतक २७°श. उष्णमानावर आहे. हें उत्तम यंत्र आहे असें समजून याचें सामर्थ्य काढ.

(१४) वरील उदाहरणांत उष्णतेच्या उत्पत्तिस्थानापासून ७८ अंश उष्णता गेली तर त्यापासून किती काम होईल ?

(१५) वरील उदाहरणांतील सर्व उपयुक्त उष्णता ४० पौंडाचें वजन फेंकण्यांत खर्च केली तर तें वजन किती वेगानें चलन पावेल ?

## प्रकरण १४.

### उष्णतेने चालणारीं यंत्रें.

३०३. ऐतिहासिक माहिती—सन १६९८ सालपर्यंत मनुष्यांस जें काही काम करून घ्यावयाचें असे तें सर्व मनुष्ये आणि जनावरे यांच्या शक्तीने, किंवा वारा आणि नद्या यांस तांब्यांत घेऊन त्यांच्या सहाय्यानें करून घ्यावें लागत असे. या तारखेच्या पूर्वी वाफेची शक्ति कोणास माहीत नव्हती, किंवा कोणास माहीत असलीच तर काही मोठ्या शास्त्रज्ञांस मात्र माहीत होती, आणि तेही यंत्रशास्त्रेतील प्रयोगाकरितां मात्र तिचा उपयोग करीत. खोल खाणींत जें पाणी लागे, तें काढण्यास फार श्रम लागत, आणि खाणींत काम चालण्याकरितां पाणी काढण्याचा बंब एकसारखा सुळ ठेवावा लागे. यामुळे हें पाणी काढण्यास ज्या शक्तीचा उपयोग करीत त्याहून स्वस्त म्हणजे कमी खर्चात पाणी काढण्याची काही तरी युक्ति काढावी, याविषयी प्रथमतः लोक विचार करूं लागले. आणि हेंच काम करण्याकरितां प्रथमतः वाफेचा उपयोग यंत्र शास्त्रेंतून व्यवहारांत आला.

सन १६९७/९८ सालीं साव्हेरी याणें प्रथमतः बंब चालविण्यास वाफेच्या शक्तीचा उपयोग केला. या बंबाचें पुढें आझी वर्णन करणार आहों, परंतु येथें एवढेंच सांगणें बस आहे कीं, हाझी ब्यास वाफेचें यंत्र झणतात, तशा प्रकारचें हें वाफेचें यंत्र नव्हतें.

या बंबांत फार ठळकठळक असे दोष होत. यांत न्यूक्लोमन याणें ज्या सुधारणा केल्या, त्यांचा उद्देश हे दोष काढण्याचा होता. याच्या यंत्रांत जें काम होई तें वास्तविक हवेच्या दाबानें होत असे. वाफेचा उपयोग एवढाच होई कीं, हवेच्या दाबाचें कार्य एका बाजूवर होत असलें, झणजे दुसऱ्या बाजूवरील हवेचा दाब वाफेनें उचलला जात असे.

शेवटीं जेम्स वॉट यानें ब्यास वाफेचें यंत्र हें वास्तवीकपणें नांव देतां येईल, असें यंत्र प्रथमतः केलें. याच्या यंत्रांत बंबाचे भाग वाफेच्या दाबानें चलन पावत होत. साव्हेरी आणि न्यूक्लोमन हे काहीसे कुशल, व कल्पक असे कारागीर असून त्यांनीं केवळ व्यावहारिक कार्यसाधनापुरतां वाफेच्या यंत्राचा प्रथम शोध लाविला. परंतु वॉट हा खरा शोधक व यंत्रशास्त्र जाणणारा होता, आणि त्याची मति शास्त्रीय मूलतत्वांत चांगली चालत असून शास्त्रीय मूलतत्वांची व्यवहारांत कसा उपयोग करावा, याविषयी याची अकल फार चालत असे. वाफेच्या यंत्रांत एकामागून एक अशा अनेक सुधारणा तो करीत गेला, आणि शेवटीं त्यानें असें यंत्र बनविलें कीं, त्यातील मुख्य भागांमध्ये अद्याप फारशा सुधारणा करितां आल्या नाहीत.

वाफेच्या यंत्राचा उपयोग पुढें गाढ्या ओढण्यास करूं लागले. ही वाफेच्या यंत्राच्या

व्यावहारिक उपयोगाची दुसरी महत्वाची पायरी आहे. त्याविषयी चार शब्द लिहिले म्हणजे वाफेच्या यंत्राचा संक्षिप्त इतिहास पुरा झाला असे द्वाणना येईल.

सन १७५९ साली जमिनीवर गोंड्यां ओढण्यास वाफेचा उपयोग करिता येईल अशी राविनसन यांनी प्रथमतः कल्पना काढिली.

सन १७८४ साली वॉट यांनी गाड्या चालविण्याजोगे वाफेचे यंत्र करण्याचा पेटंट (परवाना) घेतला. परंतु त्याच्या हातून ते पुरे झाले नाही. परंतु त्याच्या हाताखाली काम करणारा मरडाक यांनी त्या सुमारास तसल्या यंत्राचा एक नमुना करून दाखविला. सन १८०२ साली ड्रेव्हीथिक आणि व्हिबीयन याणी असले एक यंत्र करून पेटंट घेतला. त्या यंत्राने १० टनांचे ओझे घेऊन दर तासास सुमारे ५ मैल या वेगाने गाडी चालविता येई.

सन १८०८ साली रुळांवरून मोठ मोठे गाडे ओढण्याजोगे यंत्र कुक यांनी तयार केले. हे यंत्र स्थिर असून दोन्हीनीं गाड्यां ओढल्या जात.

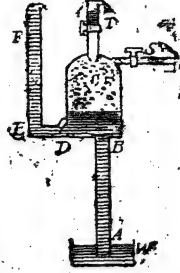
रुळांवर गाडी राहण्यास रुळांस खांचा पाडव्या लागत व दुसरी काही तरी युक्ति योजणे जरूर पडे; परंतु साफ व गुळगुळीत अशा लोखंडी रुळांवर साफ व गुळगुळीत अशा लोखंडी चाकांचा जो दाब पडतो, तो गाडीस रुळांवर स्थिर ठेवण्यास बस आहे, असा शोभ जेव्हा लागला तेव्हा गाड्यां ओढण्यास वाफेच्या यंत्राचा उपयोग करणे अधिक साधे व सुलभ झाले.

परंतु निरनिराळे वेग देण्यास सर्पण कोणत्या प्रमाणाने जाळावे आणि फार मोठा वेग देणे झाल्यास अवश्य तितकी जलद वाफ कशी करावी, यां दोन मोठ्या प्रश्नांचा उलगडा होणे राहिला. सन १८२५ च्या सुमारास स्टीव्हनसन यांनी विस्तवाच्या भट्टीत जास्त कमी हवेचा प्रवाह सोडण्याची युक्ति काढिली. तेणेकरून हवेचा प्रवाह हवा तसा जास्त किंवा कमी विस्तवानून सोडण्याचे आणि इच्छेस येईल तेव्हा सरपण खूब जाळण्याचे साधन यंत्र चालविणाराच्या हातीं आले. सन १८२९ साली फ्रान्स देशांत सेग्विन आणि इंग्लंड देशांत ब्रूय यांनी नळ्यांचा जो तापक शोधून काढिला, त्याने पाण्याचा पुष्कळ पृष्ठभाग उष्णतेसनिध येऊ लागला, म्हणून वाफ उत्पन्न होण्याचे मानही वाढले. स्टीफनसन यांनी सन १८२९ साली रॉकिट या नांवाचे गाडी चालविण्याचे वाफेचे यंत्र केले, व त्या वेळी जी दुसरी अनेक यंत्रे झाली, त्यांत याचे उत्तम असे ठरले. त्यांचे नमुन्यावर हल्लीची यंत्रे केलेली असून त्यांची मोठी शक्ति व मोठा वेग यांचा सर्वांस अनुभव आहे.

याच बरोबर दुसऱ्या एक प्रकारची वाहक यंत्रे प्रचारांत आली; ज्यांनी मोठमोठ्या आगबोटीवरील वाफेची यंत्रे व त्यांची रचना लक्षपूर्वक पाहिली असेल, त्यांस त्यांची शक्ति व त्यांची नौटनेटकी सुंदर रचना यांचे आश्चर्य वाटल्यावाचून राहणार नाही.

वाफेच्या यंत्राची ही थोडक्यांत संक्षिप्त माहिती सांगितली. आतां निरनिराळ्या यंत्रांचे तपशिलवार वर्णन करण्यास आरंभ करूं.

३०४. साव्हेरीचें यंत्र—या साध्या वाफेच्या बंबाचें मूलबीज येथें सांगतों. W ही एक खाणीच्या तळाशीं विहीर आहे, व तींत खाणीतील पाणी झिरपून जमत आहे. ( आ. १३९ पहा. )



या विहिरींत A B ही नळी सोडलेली आहे, व ती B ठिकाणी C या भक्कम भांड्यास जोडलेली आहे. B ठिकाणी एक पडदा आहे, व तो फक्त वरच्या बाजूनें मात्र उघडतो. C मधील पाणी नेण्यास D E F ही एक नळी जोडलेली आहे. D ठिकाणी एक पडदा आहे, तो फक्त बाहेरच्या बाजूस मात्र उघडतो. माथ्यावर T ही एक नळी असून उघड झोप करण्याचें तिला एक मळसूत्र (काक) आहे, व तिजमधून C भांड्यांत थंड पाणी उडवितां येतें. आणि भांड्याच्या माथ्याजवळ S आकृति १३९ वी. ही एक कळी मळसूत्राची दुसरी नळी आहे, व तिजमधून भांड्यांत वाफ घेतां येते.

या यंत्राचें कार्य याप्रमाणें होतें. प्रथमतः C मध्ये वाफ सोडून त्यातील सर्व हवा घालवितात. नंतर S द्वार बंद करून T मधून थंड पाणी C भांड्यांत झिपडतात. येणेंकरून तेथील बरीच वाफ थिजून पूर्वीच्याहून तिचा दाब पुष्कळ कमी होतो, किंवा ती जागा अंशतः रिती होते. D द्वार मोकळें असल्यामुळे आरंभी वाफेचा दाब हवेच्या दाबा इतका होता. परंतु आतां वाफ थिजल्यानें तो कमी होतो. याप्रमाणें C भांडें रिक्त करून T द्वार बंद करितात. C मधील वाफ थिजतांच हवेच्या दाबानें D द्वारातील पडदा बाहेरून बंद होतो. यामुळे विहिरीतील पाण्यावर जो हवेचा दाब असतो, त्यानें A B नळीतून पाणी C मध्ये ढकललें जातें. A B नळी ३० फुटांहून कमी उंचीची ठेवितात. C मध्ये पाणी आलें म्हणजे त्याच्या दाबानें B पडदा बंद होऊन तें पुनः परत खालीं जात नाहीं. नंतर C मध्ये पुनः वाफ घेतात, आणि या वेळीं ती जास्त जोराची किंवा दाबाची असते. या दाबानें D पडदा उघडून D E F नळींत पाणी चढून बाहेर जातें. आणि D पडदा बाहेरून बंद होत असल्यामुळे परत आत जात नाहीं. जितक्या उंचीवर पाणी चढविणें असेल, तितकें चढविण्या जोगा वाफेचा दाब असला पाहिजे. आकृतींत हेंच कार्य दाखविलें आहे. येणें करून C भांडें पुनः वाफेनें भरतें. नंतर S द्वार बंद करून T द्वारांत पाणी झिपडून C मधील वाफेस थिजवितात, आणि पुनः सर्व कृति पूर्वीप्रमाणें करितात.

३०५. या बंबांतील झोप.—D E F या नळीतून पाण्यास वर लोटण्यास जेव्हां वाफेचा उपयोग करावा लागतो, तेव्हां ती वाफ C या थंड भांड्यांत नेहमीं घ्यावी लागते, आणि ती थंड पाण्याचे सज्जिब राहते, झणून तिच्या थिजण्यानें पुष्कळ उष्णता व्यर्थ जाते; हा एक यांतील मोठा दोष आहे. या शिवाय बंबास खाणींत फार खोल जागां चालू ठेवावें लागतें. कारण विहिरीच्या पाण्यावर सुमारे २० फुटांहून जास्त उंच C भांडें ठेवितां येत नाहीं; आणि S आणि T द्वारांतील मळसूत्राची आलटून पालटून उघड झोप करणें हें ही फार श्रमाचें असतें.

३०६. न्यूकोमन याचें यंत्र—साव्हेरीच्या यंत्रापेक्षा हें यंत्र कांहीं गोष्टींत फार सुधारलेलें होतें. कलम ३०८ मध्ये वॉट याच्या एके बाजूनें कार्य करणाऱ्या यंत्राचें जें वर्णन दिलें आहे, तें वाचकांनीं पाहिलें, म्हणजे त्यास न्यूकोमन याच्या यंत्राचें स्वरूप पुढील वर्णनावरून सहजच लक्षांत येईल.

याच्या यंत्रांत एक खालवर होणारी आडवी दांडी होती. तिच्या एका टोंकास एक सांखळी व एक दांडा लाविलेला असून त्यानें पाणी काढण्याच्या बंबांतील दट्यास वर उचलतां येई. आणि तसेंच दांड्यास एक वजन लाविलेलें असे, त्यानें दट्याचा ठोका सुरू होते वेळीं हें टोंक खाली उतरण्यास सहाय्य होई. दुसऱ्या टोंकासही एक सांखळी लावलेली असून तिला दट्याचा दांडा आणि दट्या अशीं अडकलेलीं असत व हा दट्या एका नळांतून वर खाली जाई. नळांत खालून वाफ घेण्याची योजना असे. आणि वाफेनें दट्यास वर सारिलें म्हणजे दांडीच्या दुसऱ्या टोंकास जें वजन टांगिलेलें असे त्याच्या साहय्यानें तो वर चढे. दट्या नळाच्या माध्याजवळ गेला, आणि त्या खालील सर्व जागा वाफेनें भरली म्हणजे वाफ येण्याच्या द्वारांतील कोंक फिरवून तिला बंद करीत, आणि दुसरा काक फिरवून त्यांत पाण्याचा झोत घेत. येणेंकरून वाफ थिजली; म्हणजे दट्यावर जो हवेचा दाब असे, त्या दाबानें तो खाली जाई. दट्याचें क्षेत्र आणि त्याखालील वाफ ज्या मानानें थिजली असेल तें माब या दोहोंवर दट्याचा खाली जाण्याचा जोर अवलंबून असे. येणेंकरून फिरत्या आडव्या दांड्याचें दुसरें टोंक वर उचले, व त्याबरोबर बंबाचा दट्याही उचले. हीच कृति पुनः पुनः करून यंत्र चालू ठेवीत.

३०७. न्यूकोमन याचें खरें वाफेचें यंत्र नव्हतें.—पुढील कलमांत दिलेल्या आकृतीच्या सहाय्यानें या वर्णनावरून असें दिसून येईल कीं, या यंत्रांत जें काम झालें, तें दट्या खाली गेल्यानें झालें. आणि जो दट्या खाली गेला, तो वाफेच्या दाबानें न ज्ञानी हवेच्या दाबानें गेला, दट्याच्या खाली जो हवेचा दाब होता तो वाफेच्या थिजण्यानें नाहींसा मात्र झाला. झणून हें केवळ हवेच्या दाबानें चालणारें यंत्र होतें.

जरी न्यूकोमन याच्या यंत्रांत साव्हेरी याच्या यंत्रापेक्षा अनेक गुण होते, तथापि त्यांत कित्येक ठळक दोष होते. त्यांत मुख्य दोष हा होता कीं, जो नळ नुकता थंड झाला होता, त्यांत वाफ घ्यावी लागत होती. आणि यामुळे बरीच वाफ उगाच थिजून उष्णता व्यर्थ जात असे. आणि नंतर तोच नळ पुनः वाफेनें भरून त्यास उष्ण केलें म्हणजे नळांत पाणी सोडून वाफ थिजवावी लागत असे. यामुळे पुष्कळ वाफ व्यर्थ जाई, आणि कांहीं एक उपयोग न होता बऱ्याच उष्णतेचा व्यय होई.

३०८. वॉट याचें एका बाजूनें कार्य करणारें यंत्र.—वरील यंत्रांत वाफ आणि उष्णता यांचा जो व्यर्थ खर्च होतो, तो बंद करण्याकरितां काय योजना करावी, या कडे वॉट याच्या शोधक बुद्धीचें प्रथम लक्ष गेलें. यंत्राच्या नळापासून शीतक वेगळा ठेवून त्यानें हें कार्य सांपून घेतलें. झणजे ज्या नळांतील दट्याखाली वाफ घ्यावयाची त्या नळापासून ज्या खोलींत थंड पाणी उडवून वाफ थिजवावयाची, ती



यामुळे B C अवकाशातील वाफ थिजून तेथील अवकाश बराच रिक्त होतो. झणून दट्यावर घेतलेल्या वाफेने दट्या खाली सरतो. वाफेचा दाब, दट्याखालील रिक्तता, आणि दट्याचे क्षेत्र या तिहींवर दट्याचा खाली सरण्याचा जोर अवलंबून असतो.

दट्या खाली सरला झणजे O टेंकूवरील X Y आडव्या दांब्याचे Y टेंकू खाली जाते, आणि X टेंकू वर चढते, व त्या बरोबर सांखळी व तिला जोडलेला पाणी चढविण्याच्या वेवाचा दांडा असे वर उचलतात. यास दट्याचा ठोका असे म्हणतात.

जेव्हा दट्या नळीच्या तळाशी जातो तेव्हा r हा दांडा खाली सरतो; आणि a पडदा बंद होऊन दट्यावर वाफ जाण्याचे बंद होतें आणि तसेच c पडदा शीतकांत जाण्याच्या C द्वारेत वसून तेथीं द्वार बंद होतें. परंतु दांडा खाली सरल्याने b द्वार उघडें होऊन दट्यावरील व खालील अवकाश यांचा संबंध होतो, आणि W या वजनाच्या जोरांने दट्यावर सरण्यास मोकळा होतो. याप्रमाणे दट्यावरील वाफ शीत होऊन दट्या नळीच्या माथ्याजवळ जातो, आणि पुनः r दांडा वर सरून दट्याच्या वरच्या बाजूस वाफ जाऊन पुनः कार्य सुरू होतें.

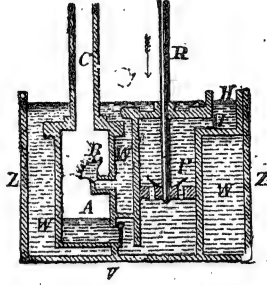
**यंत्रांतील कार्याविषयी विचार**—या यंत्रांत दट्या जेव्हा खाली सरतो, तेव्हा मात्र यंत्रानें काम होतें. झणूनच यास एका बाजूने कार्य करणारे यंत्र असे म्हटलें आहे. दट्या वर सरताना जर यंत्राच्या हातून काम व्हावयाचें असतें, तर X Y या फिरत्या दांब्याच्या टेंकूवरील पट्यावर सांखळ्या लावितां आल्या नसत्या. या यंत्रांत जीं द्वारे व त्यांस बंद करणारे जे पडदे आहेत, त्यांविषयी हें लक्षांत ठेवावें कीं, दट्यावर वाफ जाताना वाफेच्या जोरास न जुमानतां b पडदा खालून दाबला जाऊन तेथील द्वार बंद होतें; कारण दट्या खाली सरण्याच्या आरंभी c पडदा शीतकातील मुळारंभीच्या वाफेच्या कांहीं दाबानें वर उचलला जातो. या प्रकारच्या पडद्यांत कांहीं काम व्यर्थ जातें, आणि यामुळे पुढें दोहों बाजूने कार्य करणाऱ्या यंत्राच्या वर्णनांत D आकाराच्या पडद्याचें जें वर्णन केलें आहे, त्याहून वर सांगितल्या आकाराचा पडदा गौण असतो.

३०९. शीतक—वाफेच्या यंत्रांत वॉट यानें जी पहिली मोठी सुधारणा केली तिजकडे आतां वळूं. वेगळ्या व अलग शीतक हीच त्याची पहिली सुधारणा होती. त्या शीतकाचें वर्णन खाली केलें आहे:—

Z Z हा एक लेखंडी हौद आहे. (आ. १८१ पहा) या हौदांत वाफ थिजविण्याची A ही खोली बुडविलेली आहे; व ती मागील कलमाच्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें दट्याच्या नळ्यास c या नळीनें जोडलेली आहे. W W W या अवकाशांत थंड पाणी भरलेलें असून त्यातील कांहीं पाणी B या हजान्यानें A या खोलीत नारतां घेतें. A खोलीत आलेली वाफ शीत झाली झणजे तिचा दाब हवेच्या दाबाने कमी होऊन विज्रभयें हवेच्या दाबानें B हजान्यातून पाण्याचे तुषार खोलीभर



उडतात व तेणें करून वाफ चांगली थिजते. A खोलीच्या शेजारीच दुसरा एक नळ आहे, व तो A खोलीशीं बाहेर उघडणाऱ्या अशा V पडद्यानें जोडलेला आहे. या नळांत P हा दट्या R दाब्यानें खालवर सरतो. याचा उपयोग A खोलीतील ऊन पाणी व हवा यांस तेथें न जमूं देतां बाहेर काढण्यास होतो. याचें कार्य खालीं लिहिल्याप्रमाणें होतें. दट्यास दोन किंवा अधिक भोंकें असून त्यांत वरच्या बाजूनें उघडणारे पडदे असतात. म्हणून P हा दट्या नळाच्या तळापर्यंत सहज खालीं उतरूं शकतो. कारण दट्या-खालीं पाणी किंवा हवा असल्यास ती दाबली जाऊन त्या दाबानें दट्यातील पडदे वरच्या बाजूस उघडतात, आणि खालील पाणी किंवा हवा वर जाऊन दट्या खालीं सरतो. परंतु दट्या वर उचलला म्हणजे पडदे बंद होऊन खालीं रिती जागा राहते. या वेळीं A खोलीत कांहीं हवा व न थिजलेली वाफ असल्यास त्यांच्या दाबानें A खोलीच्या बुडाशीं असलेला V पडदा बाहेरच्या आंगानें उघडून A खोलीच्या तळावरील गरम पाणी बाहेर पडतें, आणि P दट्या वर गेला म्हणजे नळांत भरतें. जेव्हां P दट्या खालीं सरतो, तेव्हां हें पाणी V पडदा बाहेरून मात्र उघडणारा असल्यानें A खोलीत परत जात नाही. म्हणून P दट्यानें पाणी दाबलें जाऊन पाण्याच्या दाबानें दट्यातील पडदे आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें वरच्या बाजूस उघडतात, आणि सर्व पाणी दट्याच्या वरल्या आंगास जातें. पुनः P दट्या वर उचलला म्हणजे दट्यातील पडदे बंद झाल्यामुळे वरचें पाणी खालीं येत नाही, परंतु पुनः A खोलीतील दाबानें V पडदा उघडून तिजमधील पाणी बाहेर येतें. आणि P दट्या वर जात असतां 1 हा पडदा बाहेरच्या आंगानें उघडून सर्व पाणी H या हौदांत ढकललें जातें. याप्रमाणें A या खोलीत ऊन पाणी जमत नाही, आणि कांहीं हवा असल्यास तीही पाण्याबरोबर बाहेर जाते. झणजे V या पडद्याचा हवा काढण्यास व पाणी काढण्यास उपयोग होतो.



आकृति १४१ बी.

Z Z भांड्यांतील W W पाणी वाफ थिजल्यामुळें बाहेर पडलेल्या गुप्त उष्णतेनें गरम होतें. झणून Z Z या हौदाच्या तळावर थंड पाण्याचा पुरवठा करीत राहिले पाहिजे, म्हणजे ऊन झालेलें पाणी वर येऊन वरून बाहेर जाईल.

A खोलीतील जें गरम पाणी H हौदांत जातें, त्याचा उपयोग तपक भरण्यास करितात, व त्याकरितां निराळा एक बॅक लाविलेला असतो.

पाण्याच्या पेल्यांत बुडविलेली व दोहोंकडून उघडी अशी नळी घेऊन तिचा माथा जर A खोलीशीं जोडिला, तर A खोलीत ज्या मानानें रिकता होईल, त्या मानानें नळीतून पाण्यावर दाब कमी पडून पेल्यातील पाण्यावर जोडवेचा दाब आहे, तो दाब जितका नळीतील दाबाहून जास्त असेल, त्याप्रमाणें नळीत पारा चढेल. नळीतील

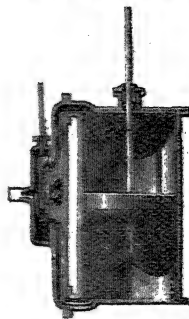


पाण्याची उंची मापून खऱ्या रिक्ततेहून किती दाब जास्त आहे, हें आपणास हवें तेव्हां पाहनां येईल. कारण जवळच एक खरें भारमापक ठेवून त्यांतील पाण्याच्या उंचीशी नळींतील पाण्याच्या उंचीची तुलना केल्यानें हें समजेल.

उदाहरणार्थ भारमापकांतील पारुदस्तभाची उंची २० इंच असेल, तर हवेचा दाब दर चौरस इंचावर १५ पौंडांचा असतो. आतां जर A शीतकास जोडलेल्या नळींत ३० इंच उंचीचा पारा चढला, तर A शीतक अगदीं रिक्त आहे, असें म्हणतां येईल. परंतु जर शीतकास जोडलेल्या नळींत २८ इंच पारा चढलेला असला, तर A खोलींतील वाफेचा दाब २ इंच पाण्या इतका म्हणजे दर चौरस इंचावर एक पौंड दाब असेल हें उघड आहे.

३१०. दोहों वाजुनें कार्य करणारे यंत्र (शीतकासह)—एका वाजुनें कार्य करणाऱ्या यंत्रांत वाफेचा दाब दृष्ट्याच्या फक्त एका वाजुर मात्र पडतो; आणि दुसऱ्या वाजूस रिक्तस्थळ होतें, झपाडून दृष्ट्या एका वाजूस सरतो. असतां मात्र काम हींनें, आणि दुसऱ्या वाजूस दृष्ट्या सरतो तेव्हां काहीं काम होत नाहीं. वाट यानें वाफेच्या यंत्रांत जी दुसरी सुधारणा केली, तिनें दृष्ट्या खालीं सरतांना व वर सरतांना असें दोन्ही वेळां काम होऊं लागलें. हें साधण्याकरितां पुढें लिहिल्याप्रमाणें पाळी पाळीनें जोडाजोडी होणें अवश्य आहे:— (१) दृष्ट्यावरील अवकाश तापकांतील वाफ येणाऱ्या नळीस जोडणें आणि दृष्ट्या खालचा अवकाश शीतकाशीं जोडणें; (२) दृष्ट्यावरील अवकाश शीतकाशीं जोडणें आणि खालचा अवकाश वाफ येणाऱ्या नळीशीं जोडणें. सर्व यंत्रांचें वर्णन करण्यापूर्वी त्यांतील महत्वाच्या भागांचें वेगळे वेगळे प्रथमतः वर्णन करूं.

३११. पुढें मागें सरणारा पडदा किंवा सरक पडदा (स्लाइड व्हाल्व्ह)—

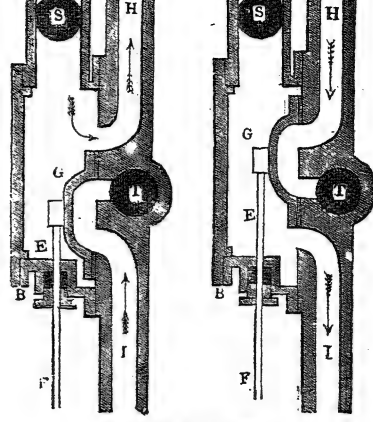


आकृति १४२ वी.

हें वर्णन करण्याकरितां पुढील आकृतीचाच उपयोग करूं. (आ. १४२ पहा.) E हा भाग B ही नळी हे भाग आकृति १४२ मध्ये ज्या स्थितीत दाखविले आहेत त्याहून किंचित् भिन्न स्थितीत येथें दाखविले आहेत. G हा पुढें मागें सरणारा तुकडा. काहींसा

माफ दृष्ट्याच्या खाली आणि वर आलडून पालडून जावी याकरितां जोडाजोडीत आपोआप फेरफार होण्याकरितां जी योजना केलेली असते तिचें वर्णन प्रथम करूं. आ. १४२ मध्ये या पडद्याचा साधारण आकार दाखविला आहे. (आ. १४२ पहा) या पडद्याच्या आकारावरून यास D आकाराचा व्हाल्व्ह किंवा पडदा असें नांव आहे. दृष्ट्याच्या नळीच्या वाजूस वाफ बाहेर न जाण्या जोशी एक गच्च पेटी आहे. या पेटीत S या नळीनें वाफ शिरते. ही नळी पुढील आकृतीत दाखविली आहे. या पेटीला H व I अशीं आणखी दोन द्वारे आहेत; या द्वारांनीं वाफ नळीच्या माध्याकडे व तळ्याकडे क्रमानें जाते.

व I हा द्वार आलटून पालटून उघडीं होतात आणि पेट्यांतील वाफ नळाच्या माध्याकडे व तळाकडे शिरते. एक द्वार उघडलें झणजे दुसरे द्वार बंद होतें. परंतु त्याच वेळीं बंद झालेला भाग T या नळीशीं जोडला जाऊन तिच्या योगानें शीतकाशीं जोडला जातो. यामुळे नळाच्या वरच्या भागां दृष्ट्यावर वाफ जाते तेव्हां दृष्ट्याखालचा नळाचा भाग शीतकाशीं जोडला जातो; आणि खालच्या भागांत वाफ जाते तेव्हां वरचा भाग शीतकाशीं जोडला जातो. याप्रमाणें या साध्या योजनेनें आपणास पाहिजे तशा जोडाजोडी आपोआप आलटून पालटून होऊन इष्ट कार्य होतें.

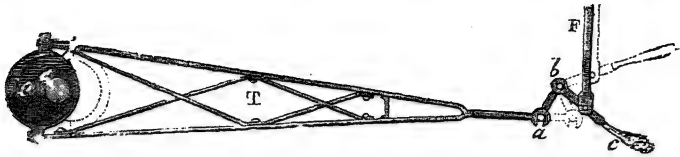


आकृति १४३ वी.

३१२. सरक पडद्यास पुढें मागें सरण्यास मध्य बाह्य (एक्सेंट्रिक).—हा पडदा आपोआप पुढें मागें सरण्यास त्याच्या I' दांड्यास पुढें मागें सरण्याची मंद गति दिली पाहिजे व ती गति नळांतील दृष्ट्याच्या वर खाली जाण्याच्या गतीशीं बरोबर मिळाली पाहिजे. कारण नियमित काळीच दृष्ट्याच्या वरच्या व खालच्या आंगास वाफ गेली पाहिजे. याकरितां I' दांड्यास मुख्य यंत्रानेंच गति मिळाली पाहिजे. दुसऱ्या स्वतंत्र शक्तीनें गति दिल्यास हें जुळणार नाही. हें कसे साधलेलें असतें तें खाली सांगितलें आहे.

पुढें वाफेच्या यंत्राची जी पूर्ण आकृति दिली आहे (क. ३१६ पहा) तिजमध्ये एक मोठें व जड असें चाक आहे. यास गतिचक्र (क्रायव्हील) म्हणतात; व हें यंत्रानेंच आपल्या कण्यावर फिरतें, या चाकाचा जरी साक्षात् उपयोग नसला तरी स्थायिक यंत्रांत यंत्राच्या गतीस स्थिरता मिळण्या करितां हें चाक असतें व याचा उपयोग पुढें सांगण्यांत येणार आहे. नळांतील दृष्ट्या वर जाऊन खाली आला म्हणजे या चाकाचा आपल्या कण्यावर बरोबर एक फेरा होतो. या कण्यावर धातूच्या जाड पत्र्याचा एक वर्तुळाकार तुकडा बसविलेला असतो. हा पत्रा आकृतींत C या अक्षरानें दाखविला आहे. हा पत्रा चाकाच्या कण्यावर असा बसविलेला असतो की, याचा मध्य व कण्याचा मध्य हे एका रेषेत नसनात, म्हणजे याचा मध्य कण्याच्या मध्याच्या बाहेर अस-

नो, झणूनच यास इंग्रजीत एक्सॅट्रिक आणि मराठीत मध्यबाह्य असें नांव दिलेलें आहे. (आ. १४४ पहा) म्हणून चाकाचा कणा जसा फिरतो, तसा हा पत्रा एकाच



### आकृति १४४ वी.

ठिकाणी न राहतां वर्तुळाकार फिरत राहतो. या पत्र्याच्या सभोवती एक तारानें भक्कम कडें बसविलें असून त्या कड्यास T ही चौकट आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें बसविलेली आहे. या चौकटीचें दुसरें शेवट a b c या वांकड्या उच्चालकास a ठिकाणी फिरकीवर बसविलें आहे. हा उच्चालक b या टेंकूवर फिरतो; आणि याच्या c या भुजेंवर F हा दांडा बसविलेला आहे, व या दांड्यानेच G सरक पडदा पुढें मागें सरतो.

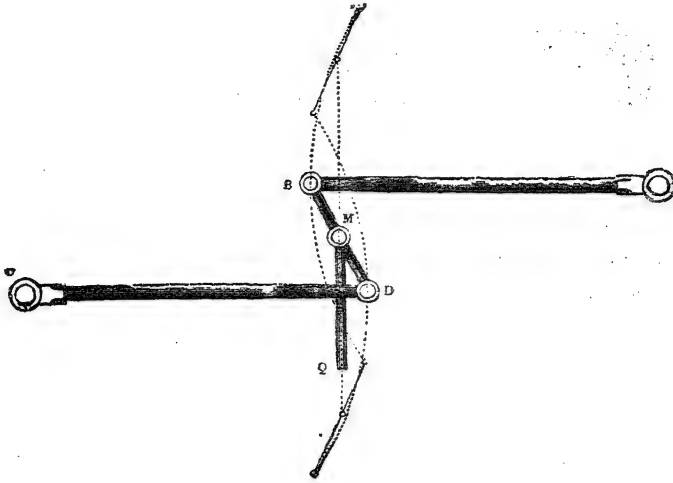
गतिचक्राचा (झायव्हीलचा) कणा वर्तुळाकार फिरतो त्याप्रमाणें मध्यबाह्याचा (एक्सॅट्रिकचा) पत्रा वर्तुळाकार फिरतो व त्याच्या योगानें T चौकट किंवा सांगड पुढें मागें सरते; आणि a b c या उच्चालकानें F दांडा वर खालीं सावकाश सरतो.

दृष्ट्या वर खालीं एक वेळ सरला झणजे कणा व त्यास जोडलेला C पत्रा यांची एक फेरी होते. झणून T चौकट, तीस जोडलेला F दांडा आणि त्या वरोवर G सरक पडदा हे तिन्ही दृष्ट्या वरोवरच पुढें मागें सरतात. कण्यावर C पत्रा योग्य स्थळी बसविल्यानें F दांडा व त्या वरोवर G सरक पडदा यांची गति अशी नियमित ठेवितां येते कीं वाफेचें नळ्यंत शिरणें व बंद होणें योग्य कारळी घडतें. जर यंत्र फार जलद चालेल तर पडदाही तितकाच जलद पुढें मागें सरेल.

३१३. वाट याची समांतर गतीची योजना—कलम ३०८ यांत दाखविलेल्या एका बाजूनें कार्य होणाऱ्या यंत्रांत दांड्याच्या टोंकावरील कमानीवरून सांखळ्या सोडून दांड्याची टोंकें वर्तुळाकार फिरत असतां दृष्ट्याच्या दांड्यास व बंवाच्या दांड्यास वर खालीं सरळरेषेत सरण्याची गति मिळत होती.

परंतु दोहों बाजूंनीं कार्य ज्या यंत्रांत होतें त्यांत सांखळीनें काम होणार नाहीं. कारण यांत दृष्ट्या खालीं सरावयाचा व वर यावयाचा असतो. म्हणून वाट यानें अशी योजना केली कीं तिच्या योगानें वरील प्रमाणें कार्य होऊं लागलें, व त्याची सर्व जोडाजोड कायम व दृढ राहून तिच्या योगानें दृष्ट्याच्या दांड्यास आडव्या दांड्यास वर टकलतां येऊं लागलें व खालीं ओढतांही येऊं लागलें. आ. १४५ मध्ये दाखविल्याप्रमाणें या भागाची रचना होती. C D आणि O D हे दोन धातूचे दाबे असून त्यांची टोंकें C व O या ठिकाणीं स्थायिक अशा टेंकूवर गच्च बसविलेलीं

आहेत. D व B हीं टोंकें फिरण्यास मोकळीं आहेत; परंतु त्यांस B M D या तुक-  
ट्याने जोडलेले आहे.



आकृति १४२ वी.

दड्याचा दांडा Q M हा D M B या आंखूड तुकड्याच्या M मध्यावर फिरता बसविलेला आहे. दड्याच्या दांड्याचे M शेवट वर खाली सरळ रेषेत सरकते, परंतु B D टोंकें वृत्तकेसांत फिरतात, हे बिंदुमय रेषांनी दाखविले आहे. याच D टोंकास दुसऱ्या एका दांड्याचे शेवट फिरते बसविलेले असते, व याचे दुसरे शेवट यंत्राच्या वरील आडव्या दांड्यास बसविलेले असते. यासुळे या शेवटल्या दांड्याचे एक टोंक दड्याच्या दांड्याच्या M शेवटाबरोबर वर खाली सरते, व दुसरे शेवट यंत्राच्या थोरल्या आडव्या दांड्या बरोबर फिरते.

C B, B D, आणि O D या दांड्यांचे Q M या दड्याच्या दांड्यास इच्छित दिशेस नेण्यापुरते कार्य होतें. म्हणून Q M हा दांडा तेल लावलेल्या आभारा-  
मधून फिरविला, तरीही बस होतें.

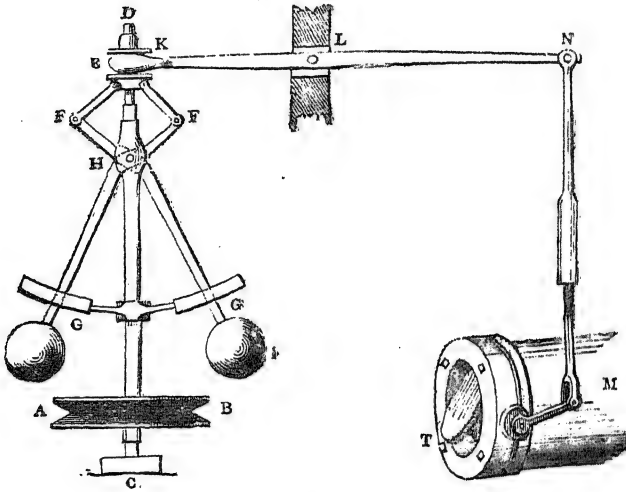
टीप—पुढे सर्व यंत्राची पूर्ण आकृति दिली आहे, तिजमध्ये समांतर गतीची अशी योजना नाही. परंतु यावरून समांतर गति देण्याची कोणतीही योजना असली, तरी तिचे तत्व समजेल.

३१७. नियामक (गव्हरनर)—कित्येक यंत्रास वरचे वर बदलणाऱ्या अशा प्रतिबंधाविरुद्ध कार्य करावयाचे असते. जेव्हा यंत्रास काम करावयाचे नसते, तेव्हा त्याचा वेग स्वाभाविकच जास्त वाढेल; आणि त्यास काम करावे लागले झणजे

याचा वेग कमी होईल. वेगात जो असा अनियमितपणा होण्याचा संभव असतो तो साधेल तर टाळला पाहिजे. वेग नियमित ठेवण्याकरितां जें एक साधें यंत्र असतें, त्याचें वर्णन करूं. यांचें जें कार्य होतें त्याचें बीज असें असतें कीं, यंत्र जास्त वेगानें, जलद चालूं लागलें कीं नळांत वाफ कमी शिरते, व सावकाश चालूं लागलें कीं, जास्त वाफ शिरते.

C D हा आंस उभा लंबाकार गरगरां फिरतो. (आ. १४६ पहा.) त्यावर

Fig. 27.



### आकृति १४६ बी.

A B हें एक खांच पाडलेलें चाक असून त्यावर यंत्रापासून आलेला पट्टा असतो, व त्याच्या योगानें आंस गरगरां फिरतो. (यंत्राच्या मुख्य आंसाशी दंतुर चकानें जोडूनही यास गति देतां येते.) म्हणून यंत्र जलद किंवा सावकाश चालेल त्या प्रमाणें हा आंस जलद किंवा सावकाश फिरेल. F H G व F' H' G' यांच्या शेवटांस दोन मोठ्या गोऱ्या असून ते H या फिरकीवर फिरतात, आणि त्यांवरील गोऱ्यांस वर खालीं ही सारतां येतें. म्हणून C D या आंसापासून दूर राहून किंवा जवळ राहून फिरण्यास त्यांस मोकळीक असते. परंतु त्यांस स्वतंत्रपणें गति मिळूं शकत नाहीं.

यंत्र जलद चालल्यामुळें जेव्हां हा आंस फार जलद फिरतो, तेव्हां या गोऱ्या त्या फिरकीवर खूब जोरानें गरगरां फिरतात, आणि त्यामुळें केंद्रोत्सारिणी गतीनें C D या आंसापासून दूर जातात. H ही फिरकी गच्च बसविलेली आहे. म्हणून ज्याप्रमाणें G G हे तुकडे आंसापासून दूर जातात, त्याप्रमाणें F F हीं टोंकें ही दूर जा-

तात. याकरिता E तुकडा आंसावर खाली ओढला जातो. परंतु E तुकड्यास K L N या उच्चालकाचें K टोंक गच्च बसविलेले असतें, म्हणून तें ही खाली सरतें. म्हणून N टोंक वर सरतें, आणि आकृतीत दाखविलेल्या जोडाजोडीमुळे T हा पडदा अंशतः बंद होतो. हा T पडदा दृष्ट्या फिरण्याचा नळ आणि तापक या दोहोंस जोडणाऱ्या वाफ देण्याच्या नळीमध्ये असतो. यास्तव जर यंत्र जास्त वेगानें चालूं लागलें तर गव्हरनर याच्या योगानें नळांत कमी वाफ जाते, व तेणेंकरून वेग कमी होतो.

याचप्रमाणें जर यंत्र सावकाश चालूं लागलें तर गोव्या C D आंसाजवळ येतात व तसेंच F F शेवटें ही परस्पर जवळ येतात, यांमुळे E टोंक वर चढतें आणि तेणें करून T व्हाल्व्ह किंवा पडदा जास्त उघडला जातो; म्हणून यंत्राची गति मंद झाली तर लागलीच नळांत वाफ जास्त जाऊं लागून वेग वाढतो.

यावरून हें उघड आहे कीं यंत्रास जास्त कमी काम करावयाचें असलें तरी यंत्राच्या वेगांत फार फरक न पडूं देण्यास नियामक किंवा गव्हरनर हा भाग फार उपयोगी पडतो.

३१५. संधायक दांडा, क्रयांक आणि गतिचक्र (झायव्हील)—पुढील कलमांत जी यंत्राची पूर्ण आकृति दिली आहे तिजवरून आडव्या थोरल्या दांड्याच्या वर खाली होण्याच्या गतीनें गतिचक्राच्या आंसास वर्तुळाकार गति मिळण्यासाठीं काय योजना असते तें स्पष्ट समजेल. O' M हा दांडा थोरल्या आडव्या दांड्यास व गतिचक्राचा आंस यांस जोडतो. झणून यास संधायक दांडा (कनेक्टिंग राड) झणतात. या दांड्याचें एक टोंक आडव्या दांड्यास बसविलेले आहे. दुसऱ्या टोंकावर O' M हा आंखूड तुकडा आहे. तो गतिचक्राच्या आंसाशी काटकोनाकार पुढें आलेला आहे. यासच क्रयांक असें झणतात. थोरल्या आडव्या दांड्याचें C' टोंक व O' M हा संधायक दांडा हे दोन्ही जसे वर खाली सरकतात, त्याप्रमाणें O' M हा क्रयांक, गतिचक्र व त्याचा आंस यांची एक वर्तुळाकार फेरी होते.

जेव्हां क्रयांकाचा तुकडा जोडणाऱ्या दांड्याशी काटकोनाकार होतो, त्या वेळीं संधायक दांड्याची वर किंवा खाली ओढ जोराची असते. व म्हणून आसही त्यावेळीं जोरानें फिरतो. हीच स्थिति जवळ जवळ आकृतीत दाखविली आहे. ज्यावेळीं क्रयांक आणि संधायक दांडा एके दोन्ही एका रेषेत येतात, त्या वेळीं संधायक दांड्याच्या आंगां आंसास फिरविण्याची मुळीच शक्ति नसते. व अशी स्थिति प्रत्येक फेर्यांत दोन वेळां येते. यावरून संधायक दांड्याची शक्ति सर्व भागां सारखी नसून दोन वेळां फारच कमी असते. या बिंदूंस मृतबिंदू (dead points) असें झणतात. याकरितां दृष्ट्या खालवर जाताना त्याची गति सर्वदा सारखी असूं शकणार नाही. व हा दोष काढण्यास नियामक (गव्हरनर) उपयोगी पडत नाही.

ही उघडचण दूर करण्याकरितां आंसावर एक थोरलें गतिचक्र बसविलेले असतें यासच झायव्हील म्हणतात. हें चाक मोठें असून त्याचा परिघ अक्षम जड तुक-

व्याचा केलेला असतो. त्यास एकदां गरगरां फिरण्याची गति मिळाली, म्हणजे त्यास नसेच फिरत ठेवण्यास फार शक्ति खर्च करावी लागत नाही. वस्तुतः घर्षणामुळे जो प्रविबंध होतो, तेवढा अतिक्रमण करण्या पुरती शक्ति बस होते. परंतु हें चाक फार जलदीने फिरत असले. म्हणजे त्याच्या आगीं गतिविशिष्ट कर्तृत्वशक्ति फार असते. यामुळे त्यास थांबविण्यास किंवा त्याच्या फिरण्याच्या वेगांत फेरफार करण्यास फार शक्ति लागेल. याकरितां जर हें चाक मोठें व जड असेल, तर दद्याच्या वर खाली सरण्यांत जें शक्तींत वर सांगितल्या प्रमाणें अंतर पडेल, तेव्हां चोकाच्या गतींत म्हणण्या सारखा फरक होणार नाही, आणि चाकाचा वेग बहुतेक सारखा राहील. व तो दद्याच्या वर खाली जाण्याच्या सरासरी शक्तीवर अवलंबून असेल. या गतिचक्राचा नियामकासही ( गव्हरनरासही ) फार उपयोग होतो. कारण वेगांत फार जलदी फेरफार झाले, तर तशा ठिकाणीं नुसत्या गव्हरनराचा उपयोग होत नसतो. जेव्हां हें गतिचक्र फार मोठें असतें, तेव्हां त्याच्या सरासरी वेगाच्या  $\frac{1}{10}$  हून बहुधा जास्त फरक पडत नाही.

३१६. वाटचें पूर्ण खंज— वाट याच्या दोहों बाजूनीं कार्य करणाऱ्या यंत्राचे जे वेगवेगळे भाग त्यांचे वर वर्णन केले. आतां त्याच्या सवें यंत्राची जी खाली आकृति दिली आहे, ती समजण्यास भडचण पडणार नाही. या आकृतींत D च्या आकाराचा सरक पडदा मुळीच नाही. परंतु तेंच कार्य होण्याजोगी दुसरी योजना आहे. ( आ. १८७ पहा. )

A B C D हा भाग समांतर गति देणारा आहे, व याच्या योगानें दद्याचा दांडा सरळ वर खाली सरतो. . .

A E P हा शीतकास रिक्त करणारा बंध आहे. याच्या योगानें शीतकांतील पाणी व हवा या दोहोंस काढतां येतें.

H हा शीतक आहे.

R R हा थंड पाण्याचा शीतका सभोवतीं हौद आहे. यांतील काहीं पाणी H शीतकांत हवेच्या दावानें t t या नळीनें घालवितां येतें.

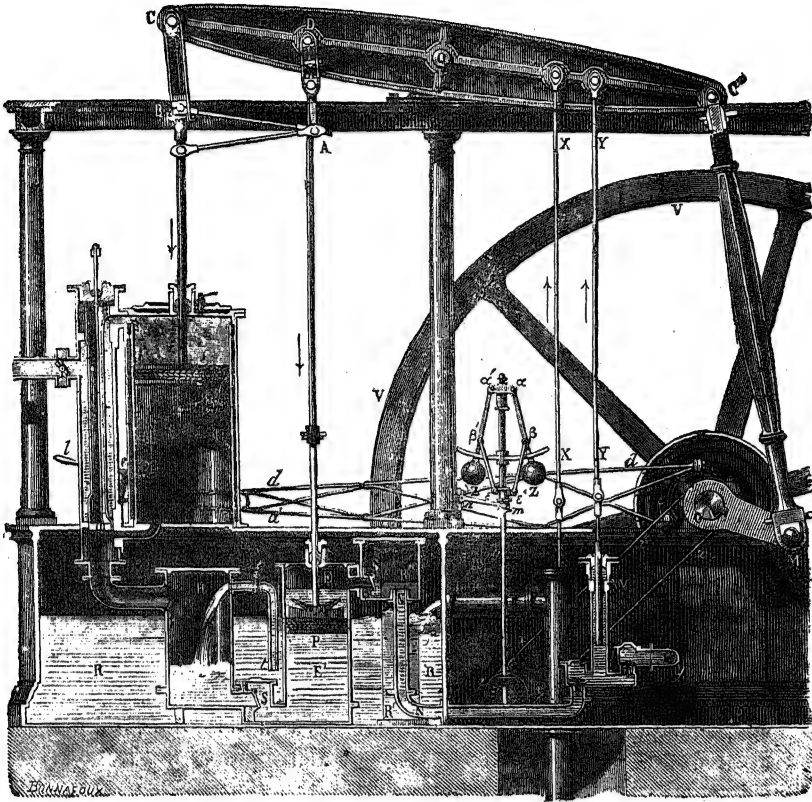
S S हे दोन पडदे असून त्याच्या योगानें रिक्त करणाऱ्या बंधाचें कार्य चालतें.

R या हौदान शीतकांतील ऊन पाणी रिक्त करणाऱ्या बंधानें ढकलले जातें.

Y Y W हा एक पाणी उंच चढविण्याचा बंध आहे. व हाही थोरल्या आडव्या दांड्यास जोडलेला असून त्या बरोबरच चालतो. यानें R या हौदांतील ऊन पाणी यंत्राच्या तापकांत N N या नळीनें चढतें.

X X हा एक दुसरा बंध असून त्यानें R R या शीतका सभोवतालच्या हौदांत थंड पाणी येतें.

C हा एकसेंद्रिक ढाणजे मध्यबाध आहे. d d ही त्यास जोडलेली चौकट आहे. या चौकटीच्या योगानें सरक पडदा फिरतो. l e हा दांडा आहे, व तो दांडा फिरवून या पडद्यांत वाफ घेतां येते, व यंत्र चालू करतां येतें.



आकृति १४७ वी.

x x हा चामड्याचा पट्टा आहे, व तो गतिचक्राच्या ओसावरून Z O या चाका-  
वर गेला आहे. त्याच्या योगाने Z Z या गव्हरनरांचा Y Y हा उभा ओस गर-  
गरा फिरतो. m m हा एक उच्चालकाचा भाग असून त्याच्या योगाने वाफ येण्याच्या  
नळीवरील पडदा जास्त कमी उघडतो.

V V हे थोरले गतिचक्र ( लायव्हील ) आहे. O हा ओस आहे C' M हा सं-  
भायक दांडा आहे, आणि O M हा क्रांक आहे.

३१७. उच्च व नीच ताबाची यंत्रे—वाफेच्या यंत्रांचे साधारणतः दोन वर्ग करि-  
तात. परंतु या दोन वर्गांत भेद असावा तितका स्पष्ट व ठळक नसतो.



(१) नीच दाबाचीं यंत्रें—इया यंत्रांत तापकांतील वाफेचा जोर दर चौरस इंचावर २० पौंड किंवा कमी असतो, त्या यंत्रास नीच दाबाचीं यंत्रें म्हणतात. हा वाफेचा दाब हवेच्या १५ पौंड दाबाहून फार थोडा जास्त असल्यामुळे दह्याच्या वरच्या बाजूस जेव्हा वाफेचें कार्य होतें, तेव्हा जर दह्या जोरानें खाली जावा, अशी आपली इच्छा असेल, तर दह्या खालील दाब काढून घेणें आपणास जरूर आहे. आणि हा दाब वाफ थिजवून नेहमी काढून घेतात. याचा अर्थ असा झाला की, नीच दाबाच्या यंत्रांत शीतकाचा नेहमी उपयोग करितात. या नीच दाबाच्या यंत्रांत दह्या मोठ्या क्षेत्राचा असावा लागतो.

(२) उच्च दाबाचीं यंत्रें—जेव्हा वाफेचा दाब दर चौरस इंचावर २५ पौंड किंवा त्याहून जास्त असतो, तेव्हा त्या यंत्रास उच्च दाबाचें यंत्र असें म्हणतात. परंतु जेव्हा वाफेचा दाब दर चौरस इंचावर २० आणि २५ पौंड या दोहोंच्या दरम्यान असतो, तेव्हा त्या यंत्रास उच्च किंवा नीच दाबाचें यंत्र झणवें, हें स्पष्ट समजत नाही. कारण दोहों वर्गामध्ये अगदी स्पष्ट असा भेद ठरविलेला नाही.

आरंभी उच्च दाबाच्या यंत्रास नेहमी शीतक मुळीच असत नसे. इया ठिकाणीं शीतक व त्याचे वेव यंत्रास जोडण्यास सोईचें नसे, किंवा अशक्य असे, आणि नळ व त्यांतील दह्या मोठ्या क्षेत्राचा करणेंही शक्य नसे, अशा ठिकाणीं यंत्रानें फार काम करावयाचें इष्ट असल्यास उच्च दाबाची वाफ जरूर असे. परंतु पुढें पुढें शिल्पकारांनीं उच्चदाबाच्या यंत्रास शीतक जोडण्याचीही योजना केली. म्हणून दोहोंवर्गाच्या यंत्रांतील मुख्य भेद म्हटला म्हणजे वाफेच्या दाबाची किंमत हाच केवळ आहे.

३१८. दह्याचा दांडा सरण्याचा जोर—दह्याचें क्षेत्र, दह्याच्या नळांत येणाऱ्या वाफेचा दर चौरस इंचावरील दाब आणि शीतकांतील दाब झणजे दह्याच्या खालच्या बाजूचा दाब या तीन गोष्टी समजल्या असतां दह्याचा दांडा किती जोरानें सरत आहे, हें आपणास काढता येतें. दह्याच्या दोहों बाजूस जो दाब असतो, त्या दोहोंच्या अंतरावर दह्या सरण्याचा जोर अवलंबून असतो. असें समजून की, नळांत आलेल्या वाफेचा दाब दरचौरस इंचावर २० पौंड आहे, व शीतकांतील दाब दरचौरस इंचावर २ पौंडांचा आहे, तर दह्या इया जोरानें सरेल, तो जोर  $(२०-२) \times १४४ = १८ \times १४४ = २५९२$  पौंड होईल. म्हणजे दह्याचा दांडा २,५९२ पौंड एवढ्या वजनानें सरत असेल.

तापकांतील वाफेचा दाब न घेतां नळांतील वाफेचा दाब हिशोबांत घेतला पाहिजे हें लक्षांत ठेवावें. कारण जेव्हा यंत्र फार जलद चालतें आणि नळांत काफ येण्याची द्वारे फार उपडलेली नसवान तेव्हा तापकांतील दाबापेक्षा नळांतील दाब फार कमी असतो.

३१९. गिरी देणें—दह्या व त्याचा दांडा यांचें वजन बरेंच असतें. नळांत दह्या जर खूब जलदीन खाली जात असतां तळ्यावर पोचण्यापूर्वी त्याची गति क्रमशः कमी होत गेली नाहीं तर दह्या नळ्याच्या तळ्यावर फार जोरानें आदळून जरी नळ्यास इजा

जाऊन स्थितिस्थापक गिर्दी दड्यास प्रतिबंध करील आणि त्यामुळे नळाच्या बुडावर किंवा माथ्यावर दड्या आदळणार नाही. हें खाली लिहिल्याप्रमाणे यंत्रात साध्य केलेलें असतें.

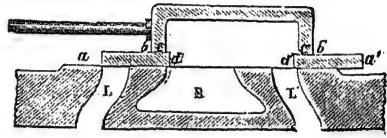
पुढें मार्गे सरणाऱ्या पडद्याची मति मध्यकक्षाच्या ( एक्सेंट्रिकच्या ) वाटोळ्या पत्र्याने नियमित चाललेली असते; ह्यापून हा पत्रा आंसावर अशा रीतीने बसविलेला असतो की त्याच्या योगानें नळात दोहों शेवटांकडे काहीशी वाफ लौकस शिरते. याकरिता दड्या शेवटपर्यंत पोचण्या पूर्वीच त्यापुढें वाफ येऊन त्याची मति कमी होते व तो पुढें जाऊन आदळत नाही, ही योजना फार जलद चालणाऱ्या यंत्रांत फार अवश्य असते.

३२०. प्रसरणानें काम करून घेणें:— दड्या अगदीं तळाशी किंवा माथ्याशी पोचपर्यंत जर नळांत वाफ येऊं दिली, तर फार दाब असलेली अशी वाफ शीतकांत किंवा हवेंत जाईल; आणि जिच्या आर्गी प्रसरणानें आणखी काम करण्याची शक्ति आहे अशी वाफ व्यर्थ जाऊन उपयुक्त कर्तृत्वशक्तीचा व्यर्थ व्यय होईल.

हा व्यर्थ व्यय न होण्याकरिता दड्याचा ठोका पूर्ण होण्यापूर्वीच नळांत वाफ जाण्याचें बंद केलें पाहिजे; ह्याजें दड्या जितक्या अवकाशातून जावयाचा त्यापैकी काहीं अवकाशातून गेला कीं वाफ बंद झाली पाहिजे. पूर्ण ठोक्यात ज्या अवकाशातून दड्या सरावयाचा असेल त्याचा  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$  किंवा दुसरा कोणताही अंश इतक्या अवकाशातून दड्या सरला कीं वाफ बंद करावी, आणि बाकी राहिलेल्या अवकाशातून प्रसरण पावणाऱ्या वाफेच्या दाबानें किंवा जोरानें दड्यास सुरू द्यावें.

भ्यारिअटच्या सिद्धांतावरून हें उघड आहे कीं नळांत आलेली वाफ प्रसरण पावेल त्याप्रमाणें तिचा दाब कमी होईल;

हा दाब कमी होत जाऊन दड्याचा वेग कमी होत होत तो फार थोड्या जोरानें तळाशी किंवा माथ्याशी जाऊन पोचेल, आणि नंतर जी वाफ शीतकांत किंवा हवेंत जाईल



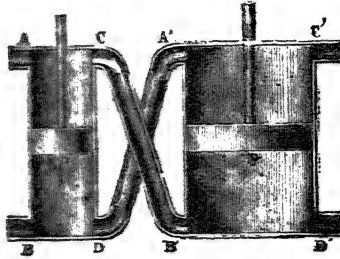
आकृति १४८ बी.

तीही कमी जोराची असेल. याप्रमाणें शक्ति व्यर्थ जाणार नाही. हें कसे साधून घेता येतें तें अजुच्या आकृतीत दाखविलें आहे. ( आ. १४८ पहा ) पुढें मार्गे सरणाऱ्या सरक पडद्याचे ( व्हाल्वाचे )  $a$ ,  $d$ ,  $\delta$ ,  $d'$  पत्रे, जीं द्वारे त्यांच्या योगानें बंद होतात त्यांहून मोठे व रुंद असतात. पडद्याच्या बाहेरच्या भागानें जास्त रुंद व मोठे असल्यामुळे वाफ जाण्याचें लवकर बंद होतें. परंतु  $E$  या द्वारानें वाफ शीतकांत जाण्याचें बंद होत नाही.

३२१. संयुक्त ध्वं.—वर सांगितल्या प्रमाणें वाफेच्या प्रसरणानें काम करून घेण्यानें शक्ति व्यर्थ जात नाहीं. परंतु वाफेचा दाब कमी होतो. तो कमी न होतो प्रसरण न पावणाऱ्या वाफेच्या दाबाइतका जवळ दाब प्रसरण पावणाऱ्या वाफेचा पडावा अशी एक योजना शिल्पकारांनीं केली आहे. एकंदर ज्या दाबानें दद्या सरकतो तो दाब दर चारस इंचावर जो वाफेचा दाब असतो तो दाब आणि दद्याचें क्षेत्र या दोहोंच्या गुणाकाराबरोबर असतो. वाफेचा दाब कमी होतो तेव्हां दद्याचें क्षेत्र वाढलें तर झूळच्या इतकाच एकंदर दाब पडेल.

याकरितां प्रसरणापुढे वाफेचा दाब कमी होतो तेव्हां जर जास्त क्षेत्राच्या दद्यावर दाबण्याकरितां दुसऱ्या नळीन वाफ सोंडण्याची योजना केली, तर कमी झालेला दाब बऱ्याच अंशां भरून येईल.

वायूच्या आकृतीन संयुक्त नळ्याची रचना



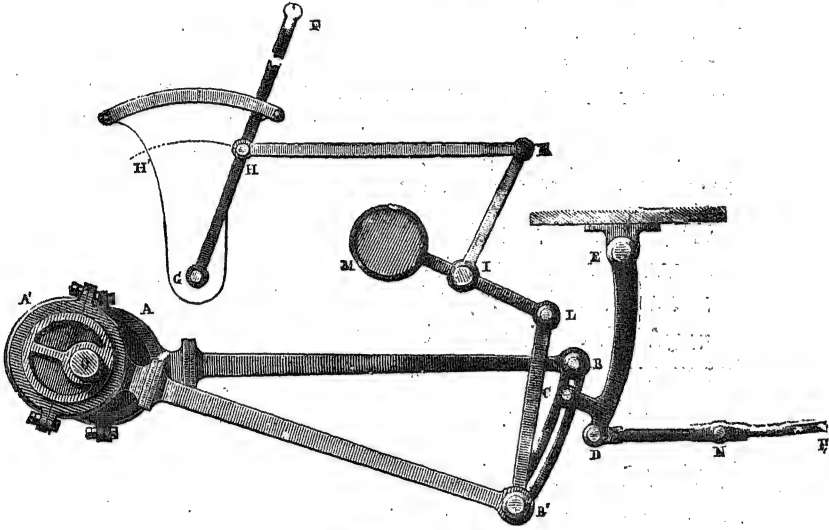
आकृति १४९ बी.

प्रसरणापुढे जेव्हां वाफेचा दाब कमी होतो तेव्हां दद्याचा ठोका पूर्ण होईपर्यंत जास्त क्षेत्राच्या दद्यावर निला कार्य करण्यास लावण्याची योजना असते. यापुढे या योजनेच्या अभावीं यंत्राच्या गर्तीत असमता उत्पन्न झाली असती तितकी होत नाहीं व शक्तीही व्यर्थ जात नाहीं.

३२२. सरक पडद्याची (स्लाइड व्हाल्व्हची) गति नियमित ठेवण्यासाठीं व तिची विशा बसल्यासाठीं केलेलें जोड काम.—नळीत जो वाफेचा पुरवठा होतो तो जास्त कमी असा नियमित ठेवण्यास व यंत्राची गति हवी तेव्हां उलट सुलट करण्यास कांहीं साधन असावें असें क्रियेक वेळीं इष्ट अस्ते आणि गाड्या चालविण्याच्या वाफेच्या यंत्रांत तर नेहेमी याची जरूरी पडते. सरक पडद्यास हवी तशी उलट सुलट गति देण्याची योजना केल्यानें हें सिद्धीस नेता येतें. हें साध्य करण्याकरितां स्टिफन्सन याणें जी साधी पण फार हिकमतीची योजना केली आहे तिचें वर्णन करूं. याच योजनेनें पूर्वी सांगितलेलें जें प्रसरणपासून होणारें काम तेंही नियमित ठेविता येतें. एकाच्या बदला A, A असे दोन मध्यबाह्य (एक्सट्रिंक) असतात. ते O या भासावर आकृतीन दाखविल्याप्रमाणें बसविलेले असतात. (आ. १३९ पहा.) यांचे जोडे B B' या चपट्या व वक्र अशा भागूच्या तुकड्यास जोडलेले असून यास त्याच्य.

दाखविली आहे. तापकांतून वाफ बंद केल्यावर प्रसरण पावलेली वाफ मोठ्या नळीत शिरून मोठ्या क्षेत्राच्या दद्यास वर खाली सारवें अशी योजना असते. हें कार्य कसें होतें याविषयीं तपशीलवार वर्णन करणें वाफेच्या यंत्रावरील या छेद्या प्रकरणांत अप्रासंगिक होईल. याकरितां एकंदरीत कार्य कसें घडतें एवढेंच सांगितलें आहे. प्रथम जेव्हां वाफेचा दाब जास्त असतो, तेव्हां तिचें कार्य लहान दद्यावर होतें; आणि

योगाने गति मिळते. या तुकड्यास मध्य भागीं आकृतीत दाखविल्या सारखी फट पाडलेली असते.  $B' L I K H$  या गजानीं वरील तुकड्यास तोलून धरिलेले आहे.  $I G E$  हे स्थिर कांटे आहेत. (आ. १५० पहा.)  $H K L B B' D$  हे सरणारे कांटे आहेत.  $K I$  हा गज  $M I L$  या गजावर काटकोनाकार पक्का बसविलेला आहे.  $M$  हें एक मोठें वजन असून  $L B'$  व  $B B'$  यांस आणि  $B A$  व  $B' A$  या दोन एक्सेंट्रिकच्या गजास  $I$  या टेंकूवर अंशात तोलून धरितें.  $F H G$  हा एक उच्चालक असून त्याचा  $G$  हा टेंकू आहे.  $D N P$  हा दांडा सरक



आकृति १५० वी.

पडद्यास जोडलेला असून त्याच्या योगाने तो पडदा पुढें मागे सरतो. या गजास  $D F$  हा उच्चालक जोडलेला असून त्याच्या योगाने  $D P$  दांडा एकाच रेषेत नेहमीं कार्य करूं शकतो. या गजाचा  $N$  सांध्यापुढील  $N P$  हा भाग दुसऱ्या घरांतून पुढें मागे सरत असतो, तीं घरे आकृतीत दाखविलेलीं नाहींत.  $A A'$  हे मध्यबाह्य (एक्सेंट्रिक) ज्या रीतीने बसविलेले आहेत, तिजवरून हें उघड आहे कीं, त्यांच्या टोंकांस जोडणारा  $B B'$  तुकडा अशा रीतीने नेहमीं सरेल कीं, त्याचीं  $B B'$  टोंकें नेहमीं परस्पर विरुद्ध अशा दिशांत फिरतील. आणि  $B B'$  या दोहोंच्या बरोबर मध्यावरचा बिंदु मुळींच सरणार नाहीं. ज्या  $E D$  उच्चालकाने सरक पडद्याचा  $D P$  दांडा सरतो, त्यास जोडलेला  $C$  कांडा  $B B'$  तुकड्याच्या फर्त्यंतून वर-खाली सरतो. जर  $C$  कांडा  $B$  टोंकापाशीं असला, तर त्याच्या भागीं अतिशय जोराची गति असते. आणि  $B'$  या टोंकापाशीं असला, तर त्यास तितक्याच जोराची

मार्ग असते. परंतु वरच्याच्या उलट दिशेत असते. जर C हा कांटा B B' या तुकड्याच्या मध्याजवळ असला, तर त्याची गति थोडी असते व भगदीं मध्यविंदुवर असता, तर त्यास मुळीच गति नसते.

यत्नव C कांट्याची गति आणि न्याबरोबर सरक पडद्याची गति C कांट्यास B टोंकासमून B' टोंकाकडे सरकवून कमी करितां येईल, किंवा उलट करितां येईल. B D या उच्चालकांन C कांट्यास नियमित उंचीवर धरिलें असल्यानें तो B B' या तुकड्याच्या फटींतून वर किंवा खालीं सरूं शकत नाहीं. परंतु वर वर्णन केलेल्या उच्चालकांच्या योजनेनें B B' या तुकड्यासच सरकवितां येतें, व तेणेंकरून C तुकड्यास B B' या दोहों मध्ये हव्या त्या इच्छित ठिकाणीं आणतां येतें.

C हा कांटा आकृतीत दाखविलेल्या ठिकाणीं असतां येत नाहू आहे असें समजूं.

जर F ही मूठ H कडे निमि अंतरावर फिरविली तर B B' हा तुकडा वर उचलतो आणि त्यामुळे C कांटा B B' याच्या मध्यभागीं पेंचतो. त्याचप्रमाणें C कांट्याची व सरक पडद्याची गति थांबते. आणि यामुळे नळांत वाफ जाण्याचें ही बंद होते.

जर F मुठीस H' पर्यंत सरकविलें, तर येत पुनः चालू होतें, परंतु उलट दिशेनें चालतें. कारण सरक पडदा मागे येण्याच्या बदला आतां पुढें सरतो, व पुढें सरण्याच्या बदला मागे सरतो आणि याप्रमाणें येताची गति उलट होते.

F या मुठीस पुढें मागे योग्य स्थळीं ठेवून वर दाखविल्याप्रमाणें येताच्या गतीची दिशाच आगणास बदलतां येते, इतकेंच नाहीं, तर सरक पडद्याची गति ज्या अवकाशांतून जावयाची तो अवकाशाही नियमित ठेवितां येतो, व या रीतीनें वाफेच्या प्रसरणानें जें काम करून घ्यावयाचें असतें, तेंही नियमित ठेवितां येतें.

३२३. फाजील उष्ण झालेली वाफ; नळांत वाफ थिजण्याचीं कारणें— दह्या असलेल्या थोरल्या नळांत पाणी जमून अडचण येऊं लागली असें लौकरच अनुभवत आहें. हें पाणी त्या नळांत तसेंच राहूं दिलें, तर त्यावर दह्याचा दाब पडून पाण्याच्या दुःसंकोच्यत्वामुळे कदाचित् नळ फुटेल. म्हणून नळाच्या दोहों बोरांकडे बाहेरच्या बाजूस उघडणारे असे दोन पडदे लावावे लागले. या पडद्यांस अशा भक्कम कमानी असत कीं, वाफेच्या दाबानें उघडत नसत; परंतु पाण्यावर दह्याचा दाब पडून जो पाण्याच्या दुःसंकोच्यत्वामुळे अतिशय दाब उत्पन्न होई, त्यानें मात्र उघडत, व पाण्यास बाहेर जाऊं देत. किंवा पडद्यांच्या जागीं दोन काक बसवीत, आणि ते काक मधून मधून उघडून आतील वाफेच्या जोरांन पाण्यास बाहेर घालवीत. याप्रमाणें वाफेनें बाणी बाहेर घालवितात, हें आगगाडी स्टेशनावर थांबून पुनः निघाली म्हणजे याप्रमाणें तिच्या येतात वाफेनें पाणी बाहेर घालविण्याचा प्रकार दृष्टीस पडतो.

परंतु नळांत हें पाणीच होईल तितकें कमी जमावें म्हणून तापकांतून जी वाफ नکلत येते, तिच्या एका उष्ण केलेल्या नळींतून जाऊं देतात. येणेंकरून जी वाफ

या योगानें नळांत कमी वाफ थिजते; मात्र वाफ फाजील उष्ण झाली असतां तिज-  
पासून नळाच्या आंतल्या वाजुर वार्डपरिणाम घडतो.

नळांत वाफ थिजते, याचें कारण पूर्वीं असें समजत असत कीं, नळ बाहेरच्या  
हवेनें शीत झाल्यामुळे हें घनीभवन होतें. म्हणून नळावर अगदीं अवाहक अशा  
पदार्थाचें आच्छादन घातल्यानें ही अडचण दूर होईल, असें अनुमान करण्यांत आलें.  
परंतु उष्णतेच्या अर्वाचीन कल्पनेवरून नळांत वाफ थिजण्याचें कारण निराळेंच  
आहे, असें समजतें. काहीं परिमाणाची उष्णता खर्च करून काम करून घ्यावें,  
हाच केवळ वाफेच्या यंत्राचा उद्देश असतो. काम करण्यांत जीं उष्णता खर्च होते,  
ती वाफेंतून मिळते. म्हणून जर परिष्कृत वाफ नळांत काम करीत असेल, तर न-  
ळावर कसल्याही अवाहकाचें आच्छादन घातलें तरी ती थंड झालीच पाहिजे.  
कर्तृत्वशक्तीच्या नित्यत्वाच्या सिद्धांतावरून उष्णता खर्च झालीच पाहिजे, व ती खर्च  
झाली म्हणजे काहीं वाफ थिजलीच पाहिजे.

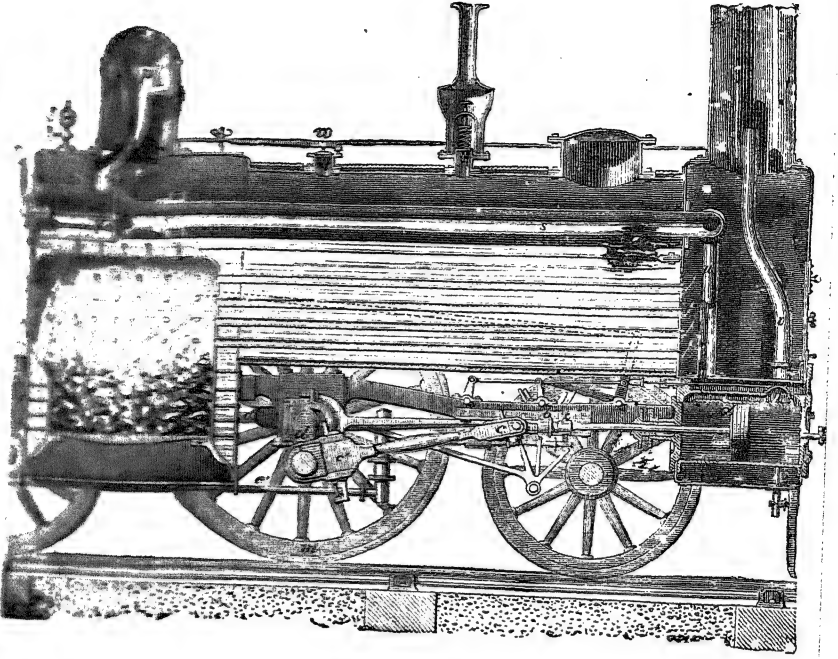
येथें हें लक्षांत ठेविलें पाहिजे कीं, वाफेची गुप्त किंवा अनुदूत उष्णता फार मोठी  
असते. म्हणूनच वाफ थिजून नळांत फार पाणी जमत नाहीं.

३२४. गाड्या चालविण्याचें वाफेचें यंत्र.—वाफेच्या यंत्रांत ज्या फार महत्वा-  
च्या योजना असतात, आणि त्या संबंधानें जीं अनेक महत्वाचीं तत्त्वे निष्पन्न होतात  
त्यांपैकी काहीं सांगणें याहून जास्त वर्णन वाफेच्या यंत्रावरील एका प्रकरणांत करितां  
येत नाहीं.

वाफेच्या शक्तीचे जसजसे नवेनवे उपयोग करण्याचें मनांत येऊं लागलें, त्या त्या  
प्रमाणें नव्यानव्या योजनांचा शोध लागूं लागला. वाफेच्या शक्तीचा गाड्या चाल-  
विण्यास कसा उपयोग करावा, या प्रश्नाचा उलगडा करीत असतां असे नवे शोध  
लावण्यास जें उत्तेजन मिळालें, तसें दुसऱ्या कोणत्याही कारणानें मिळालें नसेल.

वाफेच्या यंत्राचा गाड्या चालविण्याकरितां उपयोग करण्यासाठीं त्याच्या ज्या  
भागांत अतिशय फेरफार करावे लागले, ते भाग तापक व त्यास उष्ण करणारी  
भट्टी हे होत. हा वेळ पर्यंत आम्हीं तापकाचें वर्णन केलें नाहीं, व तें याच कलमांत  
करण्याकरितां राखून ठेविलें होतें. कारण आगगाडीच्या वाफेच्या यंत्राचा जो  
तापक असतो, तो सर्व तापकांत उत्तम प्रतीचा असतो. आतां तापक व गाड्या चाल-  
विण्याच्या वाफेच्या यंत्राचे दुसरे मुख्य भाग यांचें वर्णन करूं.

(१) तापक—आगगाडीच्या यंत्राच्या तापकाची रचना अशी असावी लागते कीं,  
त्याचा आकार फार मोठा नसून त्यांत पाण्याची वाफ जलद व्हावी. आतां वाफ ज-  
लद होण्यास उष्ण करणारा पृष्ठभाग फार मोठा असला पाहिजे; हें खालीं लिहित्या  
प्रमाणें साध्य केलें असतें. तापकांत एका टोंकापासून दुसऱ्या टोंकापर्यंत अनेक



### आकृति १५१ वी.

याच्या भक्कम नळ्या तापकाच्या दोहों शेवटांत गच्च बसविलेल्या असतात. या नळ्यांची दोन्ही तोंडे उघडी असून एकीकडील तोंडे भट्टींत आलेली असतात, व दुसरी तोंडे पुर जाण्याच्या चिमणीखाली सोडलेली असतात. असल्या नळ्या तापकांत १५० पासून १८० पर्यंत असतात; व या तापकांतील पाण्यांतून गेलेल्या असल्यामुळे पाण्यास उष्ण करणारा असा फार मोठा पृष्ठभाग भगदी पाण्याच्या मध्य भागी पसरलेला असतो. या नळ्यांत भट्टीतील उष्ण झालेले वायु शिरतात, व चिमणींतून बाहेर जातात. या मुळे या नळ्यांच्या योगाने वाष्पभवन फार जलद चालते. या नळ्या भक्कम दाखविल्या आहेत.

(२) भक्कम— भागगाडी चालविण्याच्या वाफेच्या यंत्रांत चिमणी फार उंच असू शकत नाही. याकरिता या लहान नळ्यांतून बाहेर आलेले उष्ण वायु व भट्टीतील ज्वेल वास बाहेर चालविण्याजोगा जोर गिऱ्या चिमणीत कसा उत्पन्न करावा, हा मोठा प्रश्न उत्पन्न झाला. ही गोष्ट खाली सांगितल्या प्रमाणे योजना करून साध्य करण्यांत आली आहे.



आधून सोडतात; आणि तिजमधून वाफेचे भपके जोराने बाहेर पडले, म्हणजे ही वाफ, चिमणीतील हवा व वायु यांस बरोबर घेऊन जोराने वर चढते, आणि याप्रमाणे भट्टी, तापकाच्या नळ्या, आणि चिमणी यांतून फार जोराचा प्रवाह उत्पन्न होतो. आकृतीत  $P$  ही नळी चिमणीत वाफ नेणारी दाखविली आहे. जी दुसरी वाफची यंत्रे थोडा वेळ काम करणारी व इकडून तिकडे नेतां आणतां येण्याजोगी असतात त्यांतही शीतक नसून नळांतील वाफ चिमणीत सोडलेली असते.

(३) वाफ सांचण्या करितां घुमटाकृति खोली—नळांत भगदीं कोरडी व शुष्क अशी वाफ जाणें फार अवश्य असते. परंतु गाडीच्या यंत्रांत तिच्या गतीमुळे व वाफ फार जलद होत असल्यामुळे वाफेंत पाण्याचे तुषार फार असतात. हे तुषार होतील तितके कमी व्हावे म्हणून तापकाच्या माध्यावर तापकाहून उंच अशी एक घुमटाकार खोली केलेली असते. तापकांतून वाफ या घुमटांत चढून तेथून यंत्रांत जाते. म्हणून वाफेचे बरोच तुषार घुमटाच्या पऱ्यास लागून चिकटून खाली पडतात. आकृतीत दाखविलेल्या घुमटांतील  $P$  नळीनें घुमटांत वाफ जाते.

(४) तापकांतून वाफ घेण्याची व तिला उष्ण करण्याची नळी— $p$  नळी  $s s$  या नळीस जोडलेली असून त्यांमध्ये  $g$  हा पडदा असतो व त्यास  $r$  या सुटीनें हवे तेवढें उघडतां व झांकतां येते.  $s s$  नळी वाफेच्या पेटीशीं जोडलेली आहे, व तिजमधून नळांत वाफ जाते. परंतु तिजमधून पेटीत वाफ जाण्यापूर्वी  $u$  या नळींतून जाते, व ही नळी भट्टींतून आलेल्या उष्ण वायूंमध्ये असल्यानें उष्ण झालेली असते. म्हणून तिजमधून जाणारी वाफ ही जास्त उष्ण होते.

(५) रक्षक पडदा—तापकांत अतिशय दाब उत्पन्न होऊन तापक फुटण्याचें भय राहूं नये, झणून फाजील दाबाची वाफ निघून जाण्याकरितां ही एक साधी योजना असते. तापकास शंकाकार भोंक असून त्यांत एक शंकाकार गुडदी बसणारी असते, व ती बाहेरून मात्र उघडतां येते. या गुडदीस वर लोटून तापकातील वाफ बाहेर जाऊं शकते. परंतु या गुडदीस जें वजन टांगलें असेल, त्याहून वाफेचा जोर जास्त होईल, तेव्हां मात्र गुडदीस वर उचलून वाफ बाहेर येऊं शकेल. साधारणतः एकाच ठिकाणीं राहण्याच्या यंत्रांत या गुडदीस एक भाडवा गज लावून त्या गजास वजन टांगलेलें असतें. परंतु गाडीच्या यंत्रांत हें वजन इकडे तिकडे हालवून पडेल म्हणून येवढ्याच वजनाच्या जोराची कमान लाविलेली असते; व यंत्र चालविणारास कमानीचा जोर हवा तेवढा नियमित ठेवितां ही येतो.

या शिवाय दुसरा एक रक्षक पडदा तापकास लाविलेला असतो, व त्यांनील क-



मानीचा दाब जास्त कमी करिता येत नाही. यामुळे कधीही वाफेचा जोर फाजील आल्यास वाफ निघून जाऊन तापक फुटण्याचे भय असत नाही.

(६) गाडास गति देणारी, चाकें, तापक इत्यादि—दह्याचा दांडा दोन चाबट भोंकांसमूह पुढे मागे सरकतो, व त्रयांक, संधायक दांडा वगैरे योजनाच्या सहाय्याने एक चाकाची जोडी फिरते. एका जोडीस तेवढ्याच आकाराची दुसरी चाकाची जोडी अडकविलेली असते, व दोन्ही जोड्या एकदम फिरतात, व येथे करून रुळावर चाकें चांगली राहतात.

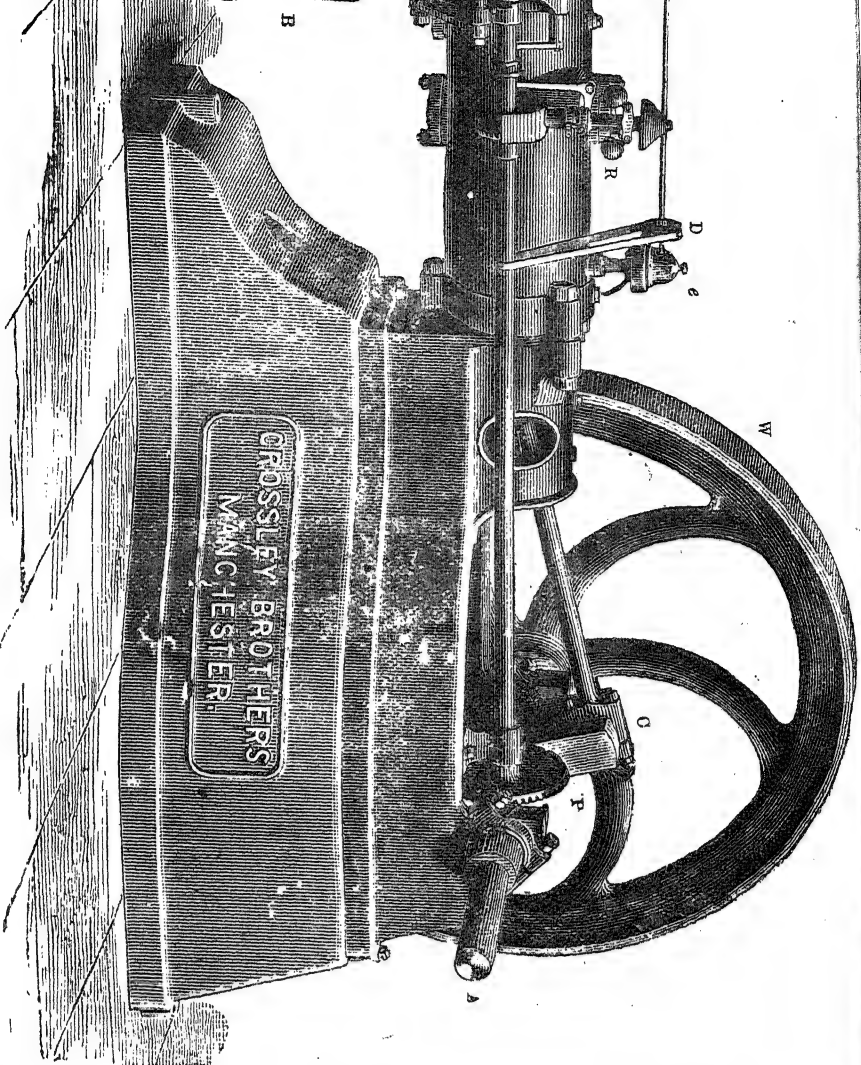
चाकाच्या एका जोडीच्या कण्यावर एक्सेंट्रिक ह्मणजे मध्यबाह्य हें यंत्र गच्च बसविलेले असते, त्याच्या योगाने पुढे मागे सरणारा पडदा व दुसरे भाग फिरतात. यंत्रच्या दोन्ही बाजूस दोन नळ व दोन वाफेच्या पेव्या असतात. आणि चाकाच्या कण्यावर एकमेकाशी काटकोनार असे त्रयांक बसविलेले असतात. यामुळे जेव्हा एके बाजूस त्रयांक मूनाविंदु किंवा स्थिरविंदु स्थानी येतो, तेव्हा दुसरा अत्यंत वेगाच्या स्थानी असतो. यामुळे अशा स्थानी यंत्र कधी थांबत नाही.

(७) गाडीची गति उलटण्याचा उच्चालक—गति उलट्या दिशेस देण्याची जी योजना असते, तिचे वर्णन पूर्वी केले आहे. त्या योजनेचा काही भाग विंदुमय रेषांनी दाखविला आहे, बाकीचा यंत्राखाली असतो.

३२२. वायूची उष्णतेने चालणारी यंत्रे—वायूच्या एकदम उष्णाने किंवा सावकाश उष्णाने, उष्ण हवेने व अशाच दुसऱ्या साधनाने चालणारी यंत्रे अलीकडे फार उपयोगी येत चालली आहेत.

त्या सर्वांचे मुख्य बीज असे असते की, ज्या वायूचा किंवा वायूंचा दाब उष्णतेने अनिश्चय वाढविला आहे, अशा वायूंकडून प्रसरण पावतांना काम करून घेतात. हें काम दह्यास पुढे मागे सरण्याचे असते; व याप्रमाणे दह्या पुढे मागे सरला म्हणजे दह्याचा दांडाही सरतो, व सर्व यंत्र चालते. हें काम करण्यांत काही उष्णता खर्च होते. मागील प्रकरणांत उष्णतेने चालणाऱ्या यंत्रांची जी साधारण उपपत्ति सांगितली, ती या सर्वांस लागू पडते. या सर्वांमध्ये काही परिमाणाची उष्णता उच्च उष्णमानावरून नीच उष्णमानावर येते, आणि हिचा काही अंश काम करण्यांत खर्च होतो. त्याच प्रकरणांत असे ही सांगितले की, काव्पानिक असे उत्तम यंत्र असल्यास त्यामध्ये या अतूणाकाची किंमत उष्णतेच्या उत्पत्तिस्थानाचे उष्णमान व शीतकाचे उष्णमान या दोहोंवर अवलंबून असते आणि जी यंत्रे प्रत्यक्ष उपयोगीत असतात, त्यांमध्ये ही किंमत माहूनही पुष्कळ कमी असते.

३२३. ओजे नांवाचे वायूचे यंत्र.—आजपर्यंत शोधून काढलेल्या वायुयंत्रांपैकी हें उत्तम यंत्र : याचे थोडे वर्णन येथे करूं. वायूच्या आकृतीत त्याचे चित्र दिले आहे, आणि खाली यंत्राच्या निरानिराळ्या भागांचे साधारण वर्णन केले आहे. व त्याच प्रमाणे दह्या खालवर सरत असता यंत्राचे कार्य कसे घडते, याचे ही वर्णन केले आहे. (अ. १५१ पहा.).



आकृति १५२ बी.

B

B

नळ— आकृतीन जाव्या बाजूस हा नळ आडव्या स्थितींत दाखविला आहे. (१) नळ आनल्या बाजूस असून त्यांतून दृष्ट्या पुढें मार्गे सरतो; व तो इतका बळकट असतो की, वायूच्या उडण्यानें जो दाब उत्पन्न होतो, तो सहन करण्याचें त्याच्या आर्गी सामर्थ्य असतें. याच्या समोवार एक दुसरा नळ असतो, व त्यांत पाणी वहात असतें. हें पाणी आतील नळाच्या समोवार असल्यानें तो फार उष्ण होत नाहीं. दृष्ट्या खालीं म्हणजे मार्गे सरत असतां नळाच्या भगदीं बुडापर्यंत पोचत नाहीं. दृष्ट्या-खालीं कांहीं अवकाश राहतो; त्या ठिकाणीं जळणारे वायु जमतात व उडतात. या अवकाशास वायु उडविण्याची जागा असें म्हणतात.

दृष्ट्या. त्याचा हांडा आणि ब्र्यांक— दृष्ट्या नळांत मोठ्या हिकमतीनें भगदीं बरोबर वसता केलेला असतो. फिरत्या ठिकाणीं लावण्याचें उंच उष्णमान सहन करण्याजोगें एक विशेष प्रकारचें तेल असतें. दृष्ट्याचा गज व ब्र्यांक C हे नेहमीच्या आकाराचे असतात.

सरकपडदा ( स्लाइड व्हाल ), फिरविणारे दंतुरचक्र— नळाच्या S या टोका-पाशीं कांहींशा विकट रचनेचा सरकपडदा असतो; व त्याच्या योगानें नळांत वायु व हवा यांस नियमित रीतीनें सोडतां येतें, व मिश्रणास पेटवितां येतें. आकृतींत याचें सरणें आडवें व कागदाच्या पातळीस लंबाकार असें दिसत आहे. हा पडदा एक लांब गज व ब्र्यांक यांच्या योगानें सरतो. गजाचें वाटोळें फिरणें उजव्या शेवटाकडे असलेल्या P या दंतुरचक्रानें घडतें; आणि हें दंतुरचक्र ब्र्यांकच्या मुख्य A गजावर वसविलेल्या दुसऱ्या चक्राच्या दांतांतून फिरतें. A या गजावरील चक्राच्या परिघावर P या दंतुरचक्राच्या परिघावरील दांताच्या निमें दांत आहेत. म्हणून ब्र्यांकचा गज A, व गतिचक्र ( काय व्हील ) W, यांचे दोन फेरे झाले म्हणजे P चक्र व त्याचा हांडा यांचा एक फेरा होतो. आणि सरकपडद्याची फक्त एक वेळ पुढें मार्गे फेरी होते.

हवा आंत घेणें.— B या भांड्यांतून साधारण दाबाखालीं असलेली हवा सरकपडद्याच्या पेटींत घेतात. ही हवा नळांत सरकपडद्यानें उघड झाप होणाऱ्या भोंकांतून माव जाऊं शकते.

वायु आंत घेणें.— सरकपडद्याच्या दरएक फेरीबरोबर नळांत हवा शिरते. परंतु सरकपडद्याच्या पेटींत एक निराळाच पडदा असतो, तो उघडला तर मात्र वायु किंवा वायु व हवा यांचें मिश्रण या पेटींत येऊन नळांत शिरतें. वायु आंत येण्याचा हा पडदा गव्हरनरानें ( नियामकानें ) जास्त कमी उघडतो.

नियामक ( गव्हरनर ).— ज्या गजावर सरकपडदा वसविलेला आहे, त्याच गजावर एक वर आलेला भाग असून त्याच्या योगानें कांहीं उच्चालकांवर कार्य होतें, व तेनेंकरून वायु येण्याचा पडदा उघडतो. व याप्रमाणें ज्या वेळीं नळांत वायु जावा असें इष्ट असतें, त्याच वेळीं वायु सरकपडद्यांत जाऊं शकतो. परंतु कमी कामासुद्धें किंवा तुल्य अशाच कारणासुद्धें यंत्राच्या आर्गी प्रमाणभूत वेगापेक्षां जास्त वेग आला, तर

रहित. या रीतीने यंत्राचा वेग कमी होतीच गीत्या खाली पडतात, व पडदा जास्त उघडतो, व वायु जास्त आत जाऊन यंत्राचा वेग वाढतो. जेव्हा यंत्र आपल्या पूर्ण जोराने चालत असते, तेव्हा वायु आत घेण्याचा पडदा सरकपडद्याच्या जोराने पूर्णपणे उघडतो. परंतु यंत्र जेव्हा पूर्ण काम करीत नसते, तेव्हा हा पडदा सरकपडद्याच्या पांचव्या किंवा सहाव्या फेरीच्या वेळीं मात्र उघडतो.

**उडणे**— या यंत्रात वायूंचें जळणें, किंवा उडणें, फार सावकाश घडतें. आरंभी वायु उडण्याच्या स्थळीं डबलनापासून उत्पन्न झालेले काहीं पदार्थ असतात. दट्या खालीं जातांना हे पदार्थ बाहेर निघून जाऊ शकत नाहींत. यांच्या खालीं काहीं हवा घेतान, व यामागें आणखीं काहीं वायु व हवा घेतात. हे सर्व थर काहीं अंशीं एकमेकांत मिसळतात, तथापि वायूंचें जळणें किंवा उडणें सावकाश घडतें, आणि यामुळे नळाच्या द्रव्यावर फाजील दाब न पडतां दट्यावर चांगलें कार्य घडतें.

मिश्रणास पेटविण्याकरितां खालीं लिहिलेली योजना असते:— सरकपडद्यांत असें एक द्वार असतें कीं, त्याचा एका वेळीं बाहेरच्या हवेचा संबंध तुटून फक्त नळाशीं मात्र संबंध होतो. आणि दुसऱ्या वेळीं नळाशीं संबंध तुटून बाहेरील हवेशीं संबंध होतो. या द्वारांतून वायु व थोडी हवा घेतात, आणि सरकपडद्यातील द्वार हवेशीं संबंध झालेले असतें तेव्हा F' E' या नळांत जळत ठेवलेल्या ज्योतीनें हें मिश्रण पेटतें. आणि सरकपडदा दुसरीकडे सरतांच पेटलेल्या स्थितीतच नळांत शिरून तेथील वायूस पेटवितें.

**ओंगण**—E, E हीं दोन भांडीं ओंगणानें किंवा तेलानें भरलेलीं असतात. व तीं एका आडव्या गजानें परस्पर जोडलेलीं असून त्यां वरून D हा चामड्याचा पट्टा जातो, व त्याच्या गतीनें भांड्यांतील तेल सांध्यावर उतरतें. घर्षणाच्या ठिकाणीं जोडावर नियमितपणानें तेल किंवा ओंगण मिळणें हें वायुयंत्रात फार महत्वाचें असतें.

**यंत्राचें एकंदर कार्य**—वायु पेटून उडाल्यावर दट्या अगदीं नळाच्या तोंडापाशीं आलेला आहे, असें समजूं. नंतर दट्या खालीं जातांना जळून उत्पन्न झालेले वायु आपोआप उघड झांप करणाऱ्या पडद्यांतून बहुतेक नळांतून बाहेर जातात. परंतु ज्या ठिकाणीं वायु पेटून उडतात, ते ठिकाण मात्र किंवा तो अवकाश मात्र जळून उत्पन्न झालेल्या वायूंनीं भरलेला असतो.

याप्रमाणें दट्या आत गेल्यावर नळांत हवा घेतात, व तिचा थर जळलेल्या वायूच्या मार्गे जमतो. आणि नंतर त्या मागून हवेच्या मार्गे वायु व हवा यांचें मिश्रण नळांत घेतात. नियामकाच्या (गव्हरनराच्या) योगानें नळांत वायु घेण्याचा पडदा ज्या मानानें उघडेल, त्या मानानें हें मिश्रण नळांत जातें.

पुन्हा दृष्ट्या आन जाताना हे वायु संकोचित होतात, आणि सर्व पेटतात. आरंभी दृष्ट्या इया स्थितीन होता, त्या स्थितीत पुढे ढकलला जातो. याप्रमाणे दृष्ट्याच्या पुढे मागे सरण्याच्या दोन फेऱ्या पुऱ्या झाल्या झणजे यंत्राचे एकवार पूर्णपणे कार्य घडते.

उष्णतेने चालणाऱ्या यंत्राविषयी याहून जास्त वर्णन पाहाणे असेल, त्यांनी केवळ याच विषयावर लिहिलेल्या पुस्तकांमध्ये पाहावे. निरनिराळ्या यंत्रांतील यांत्रिक योजनेचे जे तांत्रिक वर्णन केले, त्यांतच काहींसे विषयांतर झाले आहे. परंतु बऱ्हेच यंत्राच्या मुख्य तत्वांचे काहीं ज्ञान वाचकांस व्हावे, आणि दुसऱ्या पुस्तकांवरून त्यांचे पूर्ण अध्ययन करण्यास सुलभ पडावे, या हेतूने आम्ही हे विषयांतर केले आहे.

समाप्त.

### प्रकरण २.

( ६ )  $\frac{3}{4}$  फूट, म्हणून जाळीच्या आंदोलकाचे सर्व गज सारख्या लांबीचे असले पाहिजेत. ( ९ ) .००००१८०९; ( १२ ) .१२२४ इंच; ( १३ ) ३१६.८ याडे; ( १४ ) .००००२७; ( १५ ) सुमारे ४५.३४९ घनइंच; ( १६ ) सुमारे १३.२२ चौरसइंच; ( १७ ) ५.००४६ फूट; ( १८ ) १०.००२२ आणि ९.९९७८ चौरसफूट. ( १९ ) १००२.४ घनशतांशमात्रा. ( २० ) .९९७ आणि १.००३ घनफूट. ( २१ ) सुमारे ११.२६. ( २२ ) ३५.९९९ इंच.

### प्रकरण ३.

( ५ ) प्रमाण १३.५; ( ६ ) .०००४१७ सुमारे. ( ८ ) .०००१३ सुमारे. ( ९ ) .००००१९ आणि .०००२१९; ( १० ) .००००२५९. ( ११ ) सुमारे ४.४८ ग्रेन. ( १२ ) प्रमाण २७.१; ( १३ ) सुमारे  $\frac{१}{६००}$ ; ( १४ ) १३.१७६. ( १५ ) .०५३५७.

### प्रकरण ४.

( १ )  $\frac{८}{१०}$  घनइंच. ( २ ) ११२  $\frac{१}{१०}$  घनशतांश मात्रा; ( ३ ) १०२  $\frac{३}{४}$  घनशतांश मात्रा; ( ४ ) .१२ इंच; ( ५ ) सुमारे २१११.६८; ( ६ ) ३० इंच; ( ८ )  $\frac{३}{६}$ , आणि २  $\frac{३}{६}$  पौंड; ( ९ ) ५००० घनफूट; ( १० ) ५८ इंच पारा; ( ११ ) ३६  $\frac{३}{४}$  घनफूट.

### प्रकरण ५.

( ४ ) ७६९४  $\frac{५}{८}$  आणि ३९६९  $\frac{३३}{८}$  घनफूट. ( ५ ) १३६.६३ घनमात्रा. ( ७ ) सुमारे १.२९ लिटर. ( ८ ) सुमारे ११.१७ लिटर. ( ९ ) सुमारे १.२३० ग्राम. ( १० ) सुमारे ७१.४६ पौंड; ( ११ ) सुमारे ३६८०° श. ( १२ ) हवेच्या ३.५, ४.०४१७ आणि ३.६८ पट दाब. ( १३ ) ६१.१ ग्रेन सुमारे.

### प्रकरण ७.

( ८ ) १.५२४; ( ९ ) प्रमाण २०.९. ( १० ) सुमारे .०२३७ औंस. ( ११ ) ८०३ सहस्रांश मात्रा. ( १२ ) सुमारे .५८८ औंस. ( १३ ) सुमारे ७२ पौंड.

### प्रकरण ९.

( ३ ) सुमारे ०.५०३; ( ४ ) ०.७४८; ( ५ ) ७२१.७.

## प्रकरण १०.

( २ ) प्रमाण ३.६८.१; ( ३ ) ८.९; ( ४ ) ०.०५३; ( ५ ) ०.०२७.

## प्रकरण ११.

( ३ ) ०.०३; ( ४ ) १.२५; ( ५ ) ८.४ औंस. ( ७ ) सुमारे ३०.२ डा.  
( ८ ) सुमारे ०.५; ( ९ ) १३५ ग्राम. ( १० ) सुमारे १९.४ ग्राम. ( ११ ) सुमारे  
०.३३ ( १२ ) ०.११७२; ( १३ ) ०.०८४ औंस सुमारे. ( १४ ) ५३६; ( १५ )  
सुमारे ५३८.४; ( १६ ) सुमारे ८४.४ डा.

## प्रकरण १२.

( ३ ) ११३०  $\frac{१}{३}$  फा.

## प्रकरण १३.

( १ ) ४५००, २९५६८० आणि  $५\frac{१}{२}$  फुटपौड. ( २ ) ११  $\frac{१}{२}$  फुटपौड. ( ३ ) सुमारे  
०.२९ फुटपौड. ( ४ ) सुमारे १७,३९,१३० फुटपौड. ( ६ ) ३५९६.६२ फुटपौड.  
( ७ ) ६४.४ पौड शतभाग अंश उष्णता. ( ८ ) ११६७६० पौड शतभाग अंश  
उष्णता. ( ९ ) ३.९८ फा. आणि ३.०४१ फा. ( १० ) एका सेकंदास ९९.२  
फुट: ( ११ ) ११७७५.६; ( १२ ) १,९५,२४० फुटपौड. ( १३ )  $\frac{१}{२}$ ; ( १४ )  
२५,०२० फुटपौड. ( १५ ) सुमारे दससेकंदास २०० फुट.

## इंग्रजी पारिभाषिक शब्दांस जे मराठींत शब्द दिले आहेत त्यांची यादी.

भंडाकार स्थिति .....	Spheroidal state.
भंतर्गत काम .....	Internal work.
अनुद्धूत उष्णता .....	Latent heat.
अर्के काढणे .....	To distil.
आकारमान .....	Volume.
आकाशमापक .....	Æthrioscope.
आगगाडीचें यंत्र .....	Locomotive.
आर्द्रता .....	Humidity.
—दर्शक .....	Hygroscope.
—मापक .....	Hygrometer.
ईंधक .....	Ether.
उच्च दाबाचें यंत्र .....	High pressure engine.
उत्तम उष्णतायंत्र .....	A perfect engine.
उष्णताभेद्य .....	Diathermanous.
—अभेद्य .....	Athermanous.
—जन्यविद्युन्माला .....	Thermo-electric pile.
—द्रव .....	Caloric fluid.
—मापक .....	Calorimeter.
—मापन .....	Calorimetry.
उष्णतायंत्र .....	Heat engine.
—याचें सामर्थ्य .....	Efficiency of a heat engine.
उष्णतेचा यांत्रिक सममूल्य .....	Mechanical equivalent of heat.
उष्णतेची विसृति किंवा परीक्षेप	
अगर विक्षेपन .....	Diffusion of heat.
उष्णतेचें परिमाण .....	Quantity of heat.
उष्णतेविषयी यांत्रिक कल्पना .....	Mechanical theory of heat.
उर्ध्वपातन (अर्के काढणे) .....	Distillation.
एका बाजूने कार्य करणारें यंत्र ...	Single acting engine.



भोन्या व कोर ह्या कुण्याचें आर्द्रता-	
मापक .....	Wet and dry bulb hygrometer.
कटण्याचा बिंदु .....	Boiling point.
कर्तृत्व शक्ति .....	Energy.
— गतिविशिष्ट .....	Kinetic energy.
— यांत्रिक .....	Mechanical energy.
— संभाव्य .....	Potential energy.
— स्थानविशिष्ट .....	Energy due to position.
— चा विक्षेप .....	Dissipation of energy.
— चें निर्यत्व .....	Conservation of energy.
काचिचें घर .....	Glass house or green house.
कायमचे किंवा नित्य वायू .....	Permanent gases.
किरणविसर्जन .....	Radiation of heat.
किरणांचें संशोधन .....	Sifting of rays.
केंद्र .....	Focus.
केवल उष्णमान .....	Absolute temperature.
— शून्य उष्णमान .....	Absolute zero of temperature.
गातिचक्र .....	Fly-wheel.
गतिविशिष्ट कल्पना .....	Dynamical theory.
गिरवी देउन काम करून घेणें ...	Cushioning.
गुरुत्व उष्णमापक .....	Weight thermometer.
घनीभवन .....	Solidification.
— याचें किंवा थिजण्याचें	Solidifying or freezing tempera-
उष्णमान .....	ture.
जास्त्राचा आंदोलक .....	Gridiron pendulum.
नापक ...	Boiler.
तुलाचक्र .....	Balance wheel.
तुल्यगोष्टी .....	Analogies.
तुल्यता भाणणारें उष्णमान .....	Temperature of equilibrium.
त्रिकोणी कांच .....	Prism.
थिजण्याचा बिंदु .....	Freezing point.
दंड्या .....	Piston.
दंवाचा बिंदु दंवाविणारें आर्द्रता-	
दर्शक .....	Dew point hygrometer.
दाढी .....	Density.

दोहों वाला नीं कार्य करणारें यंत्र ...	Double acting engine.
द्रवीभवन किंवा द्रवीकरण.....	Liquefaction.
नळ .....	Cylinder.
नियामक .....	Governor.
नीच दाबाचें यंत्र .....	Low pressure engine.
पडदा .....	Valve.
पतनकिरण.....	Incident ray.
परम दाढ्यांचा जोर .....	Maximum tension.
परावृत्तकिरण .....	Reflected ray.
परिप्लुतता .....	Saturation.
—वाफ .....	Saturated vapour.
पानसळ .....	Water level.
पृथग्भूतकिरण .....	Decomposed ray, spectrum.
प्रसरण .....	Expansion.
—अनियमित .....	Irregular expansion.
—खरें किंवा केवल .....	Real or absolute expansion.
प्रसरणगुणक .....	Co-efficient of expansion.
—केवल.....	Real co-efficient of expansion.
—घन प्रसरणाचा.....	Co-efficient of cubic expansion.
—दृश्य.....	Do. of apparent expansion.
—लांबीचा.....	Do. of lineal expansion.
—क्षेत्राचा .....	Do. of superficial expansion.
प्रसरण-दृश्य .....	Apparent expansion.
प्रसरणानें काम करून घेणें .....	Expansive working.
प्रापण प्रवाह.....	Convection current.
फाजील उष्ण वाफ.....	Superheated steam.
बाह्यकाम .....	External work.
भारमापक .....	Barometer.
भेदोष्णमापक .....	Differential thermometer.
भौतिक अर्थ .....	Physical meaning.
मंदविसर्जक .....	Bad radiator.
—शोषक.....	Bad absorber.
मध्यबाह्य .....	Eccentric.
महत्तम उष्णमापक ... ..	Maximum thermometer.
रक्षक दिवा.....	Safety lamp.

रक्षक पडदा.....	Safety valve.
रिक्त अवकाश .....	Vacuum.
लघुतम उष्णमापक .....	Minimum thermometer.
लवलीतपणा .....	Viscous state.
लहरिरूप कल्पना .....	Theory of undulation or wave theory.
वहन .....	Conduction.
वाफेचा जोर .....	Tension of vapour.
वाफेचे यंत्र ..	Steam engine.
वायुचक्रशास्त्र .....	Meteorology.
वायुयंत्रे .....	Gas engines.
वाहकत्व.....	Conductivity.
विद्युन्मापक.....	Galvanometer.
विनिमय कल्पना .....	Theory of exchanges.
विशिष्ट उष्णता.....	Specific heat.
विशिष्ट शोषण आणि विसर्जन ...	Selective absorption and radiation.
विसर्जन .....	Radiation.
शतभाग उष्णमापक .....	Centigrade thermometer.
शोभ्र विसर्जक .....	Good radiator.
शीतक .....	Condensor.
शीतताजनक मिश्रण .....	Freezing mixture.
शोषण .....	Absorption.
संवायक दांडा .....	Connecting rod.
सरकपडदा .....	Slide-valve.
सरूप आरसे .....	Conjugate mirrors.
स्थिरबिंदु .....	Fixed points.
हवा खेळणे .....	Ventilation.

**Works in the Marathi Language by  
the same Author.**

**SCIENTIFIC.**

	Rs.	a.	p.
Mechanics, Vol. I. (Statics).....	2	0	0
Inorganic Chemistry, Vol. I. (Non-metals) .....	2	8	0
Do. do. Vol. II. (Metals).....	2	0	0
Do. do. Vol. III. (Metals) .....	2	4	0
Elementary Treatise on Physics, Vol. I.....	3	0	0
Do. do. Vol. II. (Electricity & Magnetism)...	3	8	0
Do. do. Vol. III. (in the Press)(Sound & Light) .....			
Information on Common Objects, Part I. (Minerals) ...	1	0	0
Larden's School Course on Heat (Translated) .....	3	0	0
Cooke's Natural Philosophy (Translated).....	0	8	0
Cooke's Chemistry (Translated).....	0	10	0
Huxley's Introductory Primer (Translated) .....	0	12	0
Way to Health (Translated) .....	0	1	6

**HISTORICAL.**

History of the Kolhapur Principality, Vol. I. ....	1	8	0
Do. do. do. Vol. II. (In the Press) .....			
History of the Southern Maratha States .....	1	8	0
History of the Mahomedan Kingdoms in the Deccan—			
Vol. I. Bahamini Kingdom.....	2	0	0
Vol. II. Bijapoor Adilshahi Kingdom .....	2	0	0
Vol. III. Ahmadnagar, Golconda, Bidar &			
Berar Kingdoms (In the Press). ...			
Short History of the Mahomedans in India .....	0	6	0
Chronological Tables (1728 to 1895) .....	2	8	0
Kolhapur Gazetteer (Translated) .....	4	8	0

## याच ग्रंथकाराचीं पुस्तके.

शास्त्रीय.

किंमत रुपये.

यंत्रशास्त्र पूर्वार्ध .....	२
रसायनशास्त्र पूर्वार्ध (अधातुरूपतत्त्वे) .....	२४८
सदर उत्तरार्ध भाग १ (धातुरूपतत्त्वे) .....	२
सदर सदर भाग २. सदर व कर्तव्य रसायनशास्त्र .....	२४४
सृष्टिशास्त्र पूर्वार्ध—जलशास्त्र, वायुशास्त्र व उष्णता .....	३
सदर उत्तरार्ध भाग १—विद्युत् आणि चुंबन .....	३४८
सदर भाग २—ध्वनिशास्त्र व प्रकाशशास्त्र (छापत आहे).	
लार्डेनकृत उष्णताशास्त्राचें भाषांतर .....	३
पदार्थवर्णन भाग १ .....	१
कुंकृत पदार्थविज्ञानाचें भाषांतर .....	६८
कुंकृत रसायनशास्त्राचें भाषांतर .....	४१०
बालशिक्षाग्रंथमाला उपोद्धात .....	४१२
आरोग्यमार्ग (वे टु हेल्थ याचें भाषांतर) .....	४१४६

ऐतिहासिक.

कोल्हापूर राज्याचा इतिहास भाग १ .....	१४८
सदर भाग २ (छापत आहे).	
कर्नाटकातील पटवर्धन, मुधोळ, रामदुर्ग, सावनूर, निपाणी, नरगुंद, किचूर वगैरे संस्थानांचा इतिहास .....	१४८
दक्षिणेंतील मुसलमानी राज्यांचा इतिहासिक.	
भाग १. ब्राह्मणी राज्यांचा इतिहास .....	२
भाग २. विजापूरच्या आदिलशाही राज्याचा इतिहास .....	२
भाग ३. अहमदनगर, गोवळकोंडे, बेदर, वऱ्हाड येथील राजांचा इतिहास (छापत आहे).	
शक व सन, तिथी व तारीखवार यांची जंत्री सन १७२८—१८९५ .....	२४८
कोल्हापूर व कर्नाटक प्रांताच्या ग्याझिटअरचें भाषांतर .....	४४८
मुसलमानी राज्यांचा संक्षिप्त इतिहास .....	४६